
BACHELORARBEIT

Frau
Sandra Wilfert

**Einfluss der Nitrifikation auf die
Biozönose von zwei
Abluftreinigungsanlagen zur
Elimination von Cyanid**

Mittweida, 2013

BACHELORARBEIT

Einfluss der Nitrifikation auf die Biozönose von zwei Abluftreinigungsanlagen zur Elimination von Cyanid

Autor:

Frau

Sandra Wilfert

Studiengang:

Bachelor Biotechnologie/Bioinformatik

Seminargruppe:

BI10w2-B

Erstprüfer:

Prof. Dr. rer.nat. Petra Radehaus

Zweitprüfer:

Dipl. Ing. Marco Sallat

Einreichung:

Mittweida, 04.11.2013

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2014

Bibliographische Beschreibung:

Sandra, Wilfert: Einfluss der Nitrifikation auf die Biozönose von zwei Abluftreinigungsanlagen zur Elimination von Cyanid - 2013. – I-X, 1-102 103-144 S.
Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät
Mathematik/Naturwissenschaften/Informatik, Bachelorarbeit, 2014

Englischer Titel

Influence of nitrification on the ecosystem of two cyanide eliminating exhaust air cleaning systems.

Kurzbeschreibung:

Diese Arbeit zeigt die Keimzahlverhältnisse der verschiedenen betrachteten Organismengruppen in den Reaktoren über den Versuchszeitraum auf und beschäftigt sich in verschiedenen Versuchen mit dem Einfluss der Nitrifikation auf die Biozönose der Reaktoren.

Danksagung

Hier würde ich mich gerne für die Zusammenarbeit des sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. (weiterhin STFI genannt) und deren Mitarbeiter bedanken. Mein Dank gilt besonders Herrn Dipl. Ing. Marco Sallat, der mir als Betreuer sehr geholfen hat, und Herrn Dipl. Biologen Jens Mählmann, welcher mir mit Rat und Tat zur Seite stand. Weiterhin möchte ich mir bei Herrn Dipl.-Ing.-Ök. Berthel für die Ermöglichung des Praktikums bedanken, und allen anderen Mitarbeitern des STFI, welche mir freundlich und entgegenkommend begegnet sind und mir jederzeit zu helfen wussten.

Mein Dank gilt auch den beiden Partnerfirmen C.H. Müller und Vowalon, welche die Anlagen auf ihrem Gelände beherbergen und uns den freien Zugang und ihre freundliche Kooperation gewährten.

Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. rer. nat. Petra Radehaus, welche meine Arbeit als Betreuerin der Hochschule unterstützte und Herrn M. Sc. René Kretschmer, welcher mir viele, viele Fragen beantworten konnte.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Eltern, welche mir dieses Studium finanziell ermöglichten, und meinem Lebensgefährten, welcher mir half in stressigen Situationen immer einen kühlen Kopf zu behalten.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung.....	1
1.1 Flammkaschierung.....	1
1.2 Cyanide	2
1.3 Polyurethan	3
1.4 KS-7D	4
1.5 Anlagen zur Reinigung der cyanidhaltigen Abluft	5
1.6 Vowalon.....	6
1.7 C.H.Müller	9
1.8 Nitrifikation	10
2 Zielstellung	12
3 Material.....	13
3.1 Chemikalien	13
3.2 Medien	15
3.3 Biologische Reagenzien.....	21
3.4 Material	22
3.5 Geräte	22
3.6 Lösungen.....	23
4 Methoden	26
4.1 MPN-Methode	26
4.2 Nitrifikantenversuche.....	27
4.4 Bestimmung der optischen Dichte	29
4.5 Bestimmung von Phosphat im Umlaufwasser	29
4.6 Bestimmung von Ammonium im Umlaufwasser	29
4.7 Bestimmung von Nitrat im Umlaufwasser	30
5 Ergebnisse.....	31
5.1 MPN-Methode	31
5.1.1 Keimzahlen von Vowalon	32

5.1.2 Keimzahlen von C.H.Müller.....	35
5.1.3 Keimzahlen vom Pilotreaktor IbcI.....	38
5.1.4 Keimzahlen der Aerobier.....	41
5.1.5 Keimzahlen der Anaerobier.....	42
5.1.6 Keimzahlen von Denitrifikanten.....	43
5.1.7 Keimzahlen von Cyanidabbauern.....	45
5.2 Nitrifikantenversuche.....	46
5.2.1 Nitrifikantenstammlösung in Nitrifikantenmedium.....	46
5.2.2 Nitrifikantenstammlösung in IbcI-Medium.....	54
5.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium.....	62
5.2.4 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium.....	71
5.2.5 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium.....	79
6 Diskussion.....	89
6.1 MPN-Messung.....	89
6.2 Nitrifikantenversuche.....	91
6.2.1 Nitrifikantenstammlösung in Nitrifikantenmedium.....	91
6.2.2 Nitrifikantenstammlösung in IbcI-Medium.....	92
6.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium.....	93
6.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium.....	95
6.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium.....	96
7 Ausblick.....	99
8 Zusammenfassung.....	101
9 Summary.....	102
Literaturverzeichnis.....	103
Anhang.....	107
Selbstständigkeitserklärung.....	144

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Flammkaschieranlage bei Vowalon (von Vowalon bereitgestellt).....	2
Abbildung 2 Urethanbindung [URL-2]	3
Abbildung 3 Abbaupfade des Cyanids [URL-6]	4
Abbildung 4 Schema eines Rieselbettreaktors [Piyaprasit, C. 2005], verändert	5
Abbildung 5 Pall(R)Ringe, neu, in verschiedenen Größen [URL 5]	5
Abbildung 6 Pilotreaktoren Bild 2 [STFI]	6
Abbildung 7 Pilotreaktoren Bild 1 [STFI]	6
Abbildung 8 Großanlage zur biologischen Reinigung cyanidhaltiger Abluft bei Vowalon (R)	8
Abbildung 9 Großanlage zur Reinigung cyanidhaltiger Abluft bei C.H.Müller.....	10
Abbildung 10 Gesamtgleichung für die Umsetzung von Ammoniak zu Nitrat	11
Abbildung 11 Übersicht Nitrifikantenversuche	28
Abbildung 12 Keimzahlen der Vowalon-Kultur zusammen mit der Nitrat- und Phosphatkonzentration im Umlaufwasser	32
Abbildung 13 Keimzahlen der Vowalon-Kultur zusammen mit der Ammoniumkonzentration im Umlaufwasser	33
Abbildung 14 Keimzahlen der C.H.Müller-Kultur zusammen mit der Nitrat- und Phosphatkonzentration im Umlaufwasser	35
Abbildung 15 Keimzahlen der C.H.Müller-Kultur zusammen mit der Ammoniumkonzentration im Umlaufwasser	37
Abbildung 16 Keimzahlen der IbcI-Kultur zusammen mit der Phosphat- und Nitratkonzentration im Umlaufwasser	38
Abbildung 17 Keimzahlen der IbcI-Kultur zusammen mit der Ammoniumkonzentration im Umlaufwasser	40
Abbildung 18 Keimzahlen der Aerobier der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur	41
Abbildung 19 Keimzahlen der Anaerobier der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur	42
Abbildung 20 Keimzahlen der Denitrifikanten der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur	43

Abbildung 21 Keimzahlen der Cyanidabbauern der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur	45
Abbildung 22 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilversuch, Übersicht	47
Abbildung 23 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilversuch + Hemmer, Übersicht	48
Abbildung 24 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I, Übersicht.....	49
Abbildung 25 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II, Übersicht	51
Abbildung 26 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht	52
Abbildung 27 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht	53
Abbildung 28 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz, Übersicht	55
Abbildung 29 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht.....	56
Abbildung 30 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Übersicht	57
Abbildung 31 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Übersicht	59
Abbildung 32 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht....	60
Abbildung 33 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht...	61
Abbildung 34 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Sterilansatz, Übersicht	63
Abbildung 35 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht.....	64
Abbildung 36 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Übersicht	66
Abbildung 37 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Übersicht.....	67
Abbildung 38 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht	68
Abbildung 39 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht	70
Abbildung 40 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Sterilansatz, Übersicht.....	72
Abbildung 41 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht ..	73
Abbildung 42 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz I, Übersicht.....	74
Abbildung 43 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz II, Übersicht	75
Abbildung 44 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht	77
Abbildung 45 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht	78

Abbildung 46 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Sterilansatz, Übersicht.....	80
Abbildung 47 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht	81
Abbildung 48 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz I, Übersicht.....	82
Abbildung 49 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II, Übersicht.....	84
Abbildung 50 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht.....	85
Abbildung 51 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht.....	87
Abbildung 52 Bestimmung von Ammonium mit Berthelots Reaktion	108
Abbildung 53 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz, Nitrat und Ammonium	120
Abbildung 54 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz + Hemmer, Nitrat und Ammonium	120
Abbildung 55 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I, Nitrat und Ammonium	121
Abbildung 56 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II, Nitrat und Ammonium	121
Abbildung 57 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I + Hemmer, Nitrat und Ammonium	122
Abbildung 58 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II + Hemmer, Nitrat und Ammonium	122
Abbildung 59 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz, Nitrat und optische Dichte.....	123
Abbildung 60 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz + Hemmer, Nitrat und optische Dichte	123
Abbildung 61 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I, Nitrat und optische Dichte	124
Abbildung 62 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II, Nitrat und optische Dichte	124
Abbildung 63 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I + Hemmer, Nitrat und optische Dichte	125

Abbildung 64	Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II + Hemmer, Nitrat und optische Dichte	125
Abbildung 65	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz, Nitrat und optische Dichte	126
Abbildung 66	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Nitrat und optische Dichte	126
Abbildung 67	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Nitrat und optische Dichte	127
Abbildung 68	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Nitrat und optische Dichte	127
Abbildung 69	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Nitrat und optische Dichte	128
Abbildung 70	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Nitrat und optische Dichte	128
Abbildung 71	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz, Phosphat, Ammonium, Nitrat	129
Abbildung 72	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Phosphat, Ammonium, Nitrat	129
Abbildung 73	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Phosphat, Ammonium, Nitrat	130
Abbildung 74	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Phosphat, Ammonium, Nitrat	130
Abbildung 75	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Phosphat, Ammonium, Nitrat	131
Abbildung 76	Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Phosphat, Ammonium, Nitrat	131
Abbildung 77	IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Sterilansatz, Ammonium, Phosphat, Nitrat	132
Abbildung 78	IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	132
Abbildung 79	IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Ammonium, Phosphat, Nitrat	133

Abbildung 80 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Ammonium, Phosphat, Nitrat	133
Abbildung 81 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	134
Abbildung 82 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	134
Abbildung 83 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Sterilansatz, Ammonium, Phosphat, Nitrat	135
Abbildung 84 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	135
Abbildung 85 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz I, Ammonium, Phosphat, Nitrat	136
Abbildung 86 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz II, Ammonium, Phosphat, Nitrat	136
Abbildung 87 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	137
Abbildung 88 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	137
Abbildung 89 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Sterilansatz, Ammonium, Phosphat, Nitrat	138
Abbildung 90 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	138
Abbildung 91 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz I, Ammonium, Phosphat, Nitrat	139
Abbildung 92 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II, Ammonium, Phosphat, Nitrat	139
Abbildung 93 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	140
Abbildung 94 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat	140
Abbildung 95 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Sterilansatz, Cyanid und optische Dichte	141

Abbildung 96 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Cyanid und optische Dichte	141
Abbildung 97 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz I, Cyanid und optische Dichte	142
Abbildung 98 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II, Cyanid und optische Dichte	142
Abbildung 99 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Cyanid und optische Dichte	143
Abbildung 100 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Cyanid und optische Dichte	143

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 McCrady-Tabelle zur Auswertung	107
Tabelle 2 Zusammenfassung MPN-Ergebnisse	109
Tabelle 3 Daten MPN 08.03.2013	110
Tabelle 4 Daten MPN 21.3.2013	111
Tabelle 5 Daten MPN 04.04.2013	112
Tabelle 6 Daten MPN 13.06.2013	112
Tabelle 7 Daten MPN 18.04.2013	113
Tabelle 8 Daten MPN 02.05.2013	114
Tabelle 9 Daten MPN 30.05.2013	115
Tabelle 10 Daten MPN 27.06.2013	116
Tabelle 11 Daten MPN 11.07.2013	117
Tabelle 12 Daten MPN 26.07.2013	118
Tabelle 13 Daten MPN 8.8.2013	118
Tabelle 14 Daten MPN 22.8.2013	119
Tabelle 15 Daten MPN 5.9.2013	119

Abkürzungsverzeichnis

CHM	C.H.Müller GmbH (Netzschkau)
CN	Cyanid
CN ⁻	Cyanid-Ion
HCN	Cyanwasserstoff
IbcI	Pilotanlage I
IbcII	Pilotanlage II, Vorwäscher
KS-7D	Mischkultur bestehend aus <i>Cupriavidus basilensis</i> und <i>Cupriavidus eutrophus</i> .
KBE	Koloniebildende Einheit
MPN	(engl. Most probable number) Titerverfahren zur Bestimmung der Anzahl an Mikroorganismen
MSL1	Mineralsalzlösung 1
MSL2	Mineralsalzlösung 2
OD	optische Dichte
PP	Phosphatpuffer
PU	Polyurethan
STFI	Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (an der TU Chemnitz)
VOW	Vowalon Beschichtung GmbH. (Treuen)

1 Einleitung

Um Kunstleder, Sitzbezüge und andere aus zwei oder mehr verschiedenen Materialien bestehende textile Verbunde, sogenannte Lamine, herzustellen, wird oft die Flammkaschierung, eine Technik der Textilveredelung, eingesetzt. Vorteil ist die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit. Vor allem bei der Herstellung von Stoffen für die Automobilindustrie und Funktionslamine kommt die Flammkaschierung zum Einsatz. Nachteil dieser Methode ist die damit verbundene Verbrennung von Schäumen und deren Abbrennprodukte. Werden dabei Polyurethanschäume angeflammt, kommt es zur Entstehung von giftigen Cyaniddämpfen, welche eine Abluftreinigung unumgänglich machen.

1.1 Flammkaschierung

Die Flammkaschierung ist eine Methode der Textilveredelung, bei der Kunststoffschäume, darunter Polyurethanschäume (PU-Schäume), welche bei der Verbrennung Cyanidgase emittieren, angeflammt, und anschließend mit textilem Material und Kunstleder verpresst werden. Dabei entstehen Abgase die hochtoxisches Cyanid, Feinstaub und andere Substanzen enthalten, welche noch nicht ganz identifiziert sind, bei denen aber die Stoffklassen bekannt sind [BIA 4/94 und BLU 2004]



Abbildung 1 Flammkaschieranlage bei Vowalon (Bild von Vowalon bereitgestellt)

1.2 Cyanide

Cyanwasserstoff (HCN) zählt zu den sehr starken und sehr schnell wirkenden Giften [Schwedt, 1996]. HCN ist farblos, leicht flüchtig (Siedepunkt 26°C) und verströmt einen starken Geruch nach Bittermandeln. Cyanwasserstoff ist beliebig mit Wasser und Ethanol mischbar, und bildet mit Wasser Blausäure, welche an die Luft abgegeben wird, wenn der pH-Wert unter 11,5 liegt. (Oelsner et al., 2001; Ghosch et al., 2006 A) Das liegt daran, dass Blausäure einen Dampfdruck von 0,687 hPa besitzt, und daher sehr flüchtig ist. Cyanwasserstoff liegt bei sauren und neutralen Wässern in undissoziierter Form vor, ab einem pH-Wert von 9,2 liegt eine gleichmäßige Verteilung zwischen dissoziierter und undissoziierter Form vor. Das freie Cyanid gilt, gemessen an der letalen Dosis, als stärkstes Gift der anorganischen Chemie. Die tödliche Dosis liegt dabei bei 1 mg CN^- pro kg Körpergewicht (Neumüller, 1981). Dabei wirkt ausschließlich das freie Cyanid-Ion so stark toxisch, während stabile Komplexe mit Eisen, Nickel, Chrom und Kupfer

nur unter der Einwirkung von Energie Cyanid-Ionen unter Dissoziation freisetzen (Förstner et al., 1997; Horstkotte, 2006)

Die Giftwirkung des Cyanides kommt durch die Bindung des Cyanid-Ions an die Cytochromoxidase, dem zentralen Enzym der Atmungskette, zustande, was zu Unterbindung der Sauerstoffübertragung in das Gewebe führt, und damit die Zellatmung blockiert. Das wiederum führt zum Verlust der Energiegewinnung, weshalb die Nervenzellen, welche einen sehr hohen Energieumsatz haben, am meisten davon betroffen sind und zuerst ausfallen. Mit dem Verlust des zentralen Steuersystems stirbt der Organismus. (Fent, 2003). Diese toxische Wirkung ist auch bei Pflanzen und vielen Mikroorganismen zu beobachten, da auch hier die Hemmung der Cytochromoxidase den Verlust der Energiegewinnung zur Folge hat. (Dubey und Holmes, 1995; Förstner et al., 1997)

Cyanide mit der allgemeinen Form $R-C\equiv N$ können natürlichen Ursprungs sein und von Mikroorganismen und einigen wenigen Tieren synthetisiert werden (Knowles, 1976; Wong-Chong et al., 2006B), doch der größte Anteil an Cyaniden gelangt durch die Industrie in die Umwelt, da Cyanid bei der Herstellung synthetischer Fasern, Farben, Lacken, Unkrautbekämpfungsmitteln, Kunststoffen, Pharmazeutika und verschiedenen Chemikalien benötigt wird (Wong-Chong et al., 2006A, Mansfeld, 2003)

1.3 Polyurethan

Polyurethane entstehen bei der Polyaddition von Dialkoholen bzw. Polyolen mit Polyisocyanaten und gehören zu den Kunstharzen und haben eine charakteristische Urethangruppe:

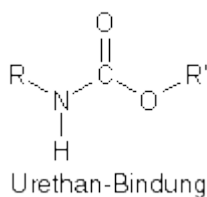


Abbildung 2 Urethanbindung [URL-2]

1.4 KS-7D

KS-7D ist eine Mischkultur, die vom Fraunhoferinstitut für Grenzflächen- und Biotverfahrenstechnik in Stuttgart an einem alten Kokereistandort entdeckt wurden. Sie ist in der Lage, Cyanid abzubauen, daraus Ammoniak und Ameisensäure zu bilden und dies sowohl als Stickstoffquelle als auch als Kohlenstoffquelle zu nutzen, wobei für ein exponentielles Wachstum eine weitere Kohlenstoffquelle, zum Beispiel Fructose, von Nöten ist. Die Kultur ist Cyanid (CN) gegenüber außerordentlich tolerant und verträgt Konzentrationen bis zu 55 mM (1,4 g/l), wobei ab einer Konzentration von 25 mM (650mg/l) Cyanidabbau ohne biologisches Wachstum betrieben wird [URL-2]. Bei diesem Abbau von Cyanid stört das Vorhandensein von Ammonium und Nitrat, da diese als Stickstoffquellen bevorzugt werden und damit das Cyanid nicht abgebaut wird. Die Kultur setzt sich zusammen aus *Cupriavidus basilensis* und *Cupriavidus eutrophus*.

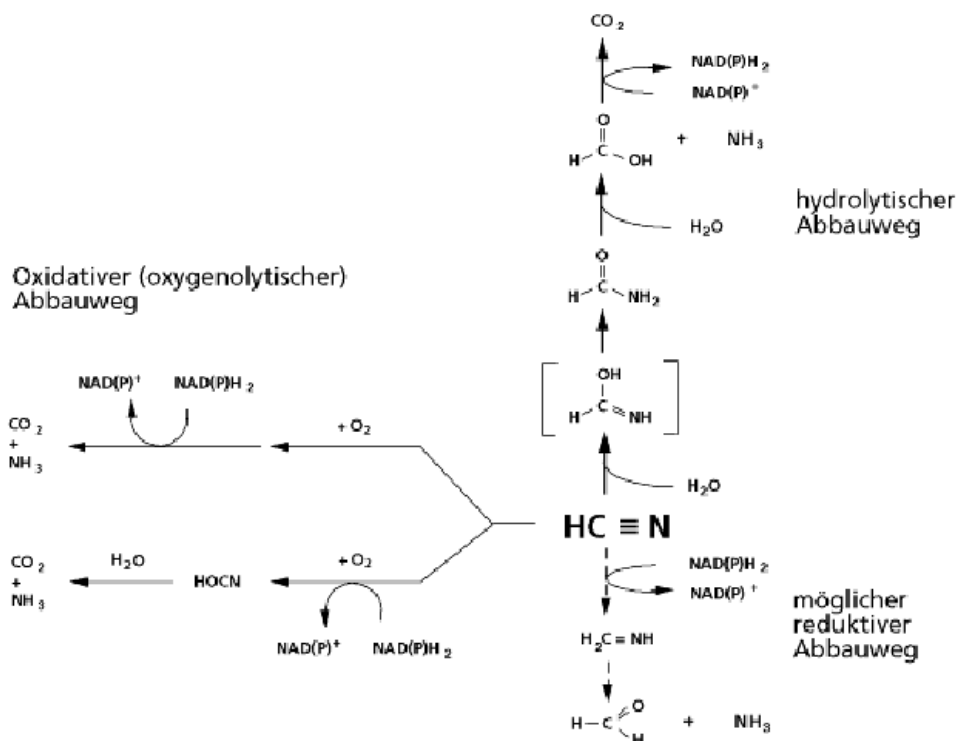


Abbildung 3 Abbauwege des Cyanids [URL-6]

1.5 Anlagen zur Reinigung der cyanidhaltigen Abluft

Die Großanlagen zur Abluftreinigung sind als Rieselbettreaktoren konzipiert.

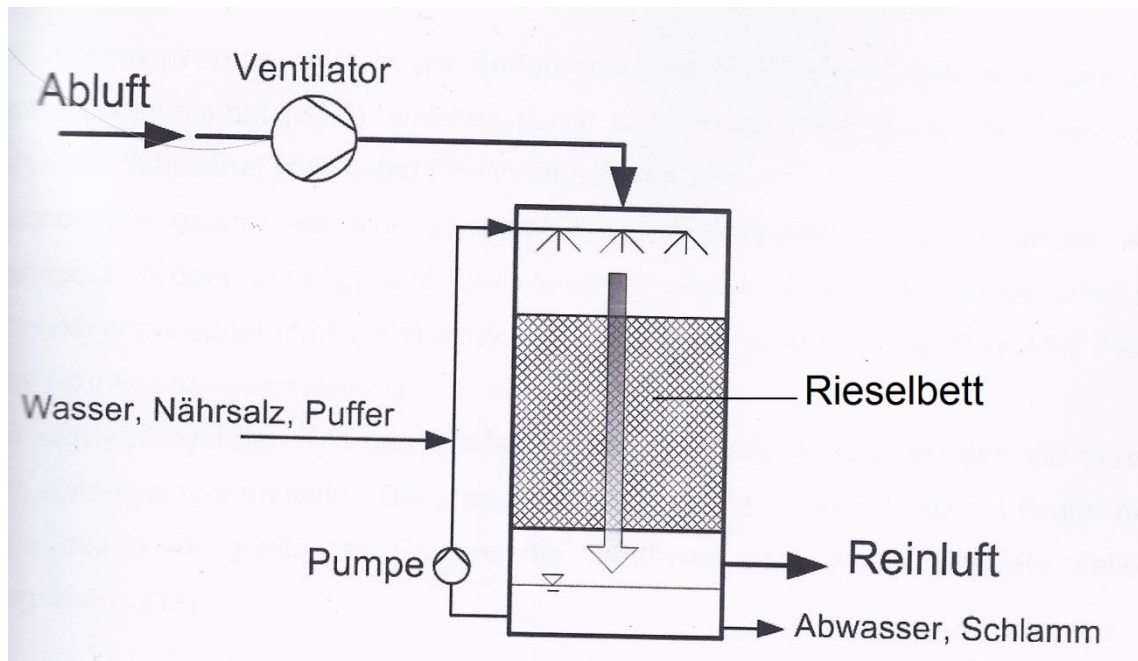


Abbildung 4 Schema eines Rieselbettreaktors [Piyaprasit, C. 2005], verändert

Die Großanlagen wurden mit Pall®Ringen aus Kunststoff gefüllt. Diese sind für die Immobilisierung der Bakterien von Nöten, welche nur auf Oberflächen wachen können, nicht aber in Flüssigkultur. Die Bakterien bilden dann auf der Oberfläche der Ringe einen Biofilm.



Abbildung 5 Pall(R)Ringe, neu, in verschiedenen Größen [URL 5]

Dabei wurde, um eine sichere Filterung zu ermöglichen, die Abluft in zwei Stufen gefiltert. Das Umlaufwasser, welches von oben herab rieselte, wurde immer im Kreislauf geführt und diente auch als Absorbens für HCN.



Abbildung 7 Pilotreaktoren Bild 1 [STFI]



Abbildung 6 Pilotreaktoren Bild 2 [STFI]

Die Pilotreaktoren waren mit Granulaten und Schlingseil gefüllt, wobei einer der beiden Pilotreaktoren, IbcII, momentan unbefüllt war und dem IbcI lediglich als Vorwäscher diente. Dabei wurde dem Umlaufwasser des Pilotreaktors IbcI tropfenweise eine Saccharoselösung zugeführt, deren Reservoir alle 14 Tage aufgefüllt wurde. Die Phosphatzugabe, in Form von Di-Natriumhydrogenphosphat, erfolgte auch alle 14 Tage. Stickstoffquellen wurden nicht extra zugegeben, sie wurden mit der Abluft, welche durch einen Bypass von der Abluft von C.H.Müller abgeführt wurde, eingetragen. Die Pilotanlagen standen auf dem Gelände von C.H.Müller in einem separaten Raum, während die Großreinigungsanlagen unter freiem Himmel standen.

1.6 Vowalon

Vowalon ist ein Beschichtungsunternehmen, welches im September 1900 von Bernhard Maerker gegründet und 1934 durch DEGUSSA übernommen wurde. 1945 kam es zur Enteignung und Verstaatlichung durch sowjetische Besatzungsmächte zu VEB Vogt. Wachstumfabrik Treuen. Am 01.07.1992 wurde die zur Textilbranche gehörende Firma Vowalon durch Management-buy-out privatisiert. Im Jahre 2000 feierte Vowalon sein

100-jähriges Firmenjubiläum mit Inbetriebnahme der weltweit modernsten Universalbeschichtungsanlage. 2010 erwarb die Firma die Marke Medilind – Hygienetextilien und feierte sein 110-jähriges Firmenjubiläum mit Inbetriebnahme einer Hochleistungsbeschichtungsanlage inkl. nachgeschalteter Regenerativer Thermischer Oxidationsanlage. Im Jahre 2012 konnten sie einen Umsatz von 29,4 Mio. EUR verzeichnen, und beschäftigten 170 Mitarbeiter und 13 Auszubildende. Sie produzieren Heimtextilien, technische Artikel, Fahrzeugkunstleder, Täschnerwaren- und Schuhkunstleder, sowie Polsterkunstleder und stellen Kaschierungen her, darunter auch durch Flamm- und Klebekaschierung. VOWALON® Beschichtung GmbH ist ein reines Dienstleistungsunternehmen, welches seinen Sitz in der Bahnhofstraße 46-48, 08233 Treuen hat. [URL-1]



Abbildung 8 Großanlage zur biologischen Reinigung cyanidhaltiger Abluft bei Vowalon (R)

Die Großreinigungsanlage bei Vowalon steht draußen, den Witterungsbedingungen ausgesetzt, und ist mit Pall®Ringen gefüllt. Die Anlage wurde von der Firma UGN aufgestellt. Die Zufuhr von Zuckerlösung, bestehend aus Saccharose, erfolgt kontinuierlich, die Zugabe von Phosphat, in Form von Industriedünger, wöchentlich. Stickstoffquellen werden nicht extra zugeführt sondern mit der Abluft eingetragen. Die Arbeit an den Flammkaschieranlagen erfolgt im 2-Schicht-System, und üblicherweise läuft eine von zwei Kaschieranlagen.

1.7 C.H.Müller

Am 09.09.1868 trug Carl Heinrich Müller die Firma in das Handelsregister beim Amtsgericht Reichenbach ein. Am 02.05.1900 starb Carl Heinrich Müller im Alter von 72 Jahren und der Betrieb wurde 09.04.1972 in einen „Volkseigenen Betrieb“ zwangsverstaatlicht. 01.07.1990 kam es zur Reprivatisierung und Gründung der Firma C. H. Müller Schuhtextilien und technische Gewebe GmbH. Mit der Inbetriebnahme der ersten Meltprint Kaschieranlage am 01.03.2000 begann der Ausbau der Hotmelt-Kaschierabteilung. 01.08.2004 wurde das Werk Heinsdorfergrund offiziell in Betrieb genommen. Am 09.09.2008 feierte die Firma ihr 140-jähriges Bestehen. Die neue Lagerhalle am Heinsdorfergrund wurde am 01.01.2011 in Betrieb genommen. C.H.Müller ist ein Kaschierungs- und Beschichtungsdienstleister, welcher durchschnittlich 250 Mitarbeiter beschäftigt und einen jährlichen Umsatz von ca. 40 Millionen Euro erzielt. Dabei werden 90 % des Umsatzes aus Geschäften mit Kunden aus der Automobilzuliefererindustrie erzielt. Sie arbeiten an zwei Werken

Werk I Reichenbach

C. H. Müller
Gewerbering
D-08468 Heinsdorfergrund

Werk II Netzschkau

GmbH. H. Müller GmbH
1 Plauener Str. 23
08491 Netzschkau

[URL-4]

Die Großanlage zur Abluftreinigung steht im Werk II in Netzschkau.

Sie arbeiten an den Flammkaschieranlagen im 3-Schicht-System, und üblicherweise laufen zwei von drei Flammkaschieranlagen.



Abbildung 9 Großanlage zu Reinigung cyanidhaltiger Abluft bei C.H.Müller

Die Großreinigungsanlage bei C.H.Müller steht draußen, den Witterungsbedingungen ausgesetzt, und ist mit Pall®Ringen gefüllt. Die Anlage wurde von der Firma UGN aufgestellt. Die Zufuhr von Zuckerlösung, bestehend aus Saccharose, erfolgt kontinuierlich, die Zugabe von Phosphat, in Form von Industriedünger, wöchentlich. Stickstoffquellen werden nicht extra zugeführt sondern mit der Abluft eingetragen.

1.8 Nitrifikation

Als Nitrifikation wird die bakterielle Oxidation von Ammonium zu Nitrat bezeichnet, wobei das in zwei Teilprozesse geteilt wird, den jeweils andere Organismen realisieren. Der erste Prozess besteht in der Oxidation des Ammoniums zu Nitrit. Später wird dieses Nitrit zu Nitrat umgewandelt.

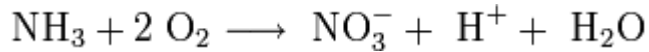


Abbildung 10 Gesamtgleichung für die Umsetzung von Ammoniak zu Nitrat

Dabei bezeichnet man die Gesamtheit der Bakterien, welche diesen Umwandlungsprozess realisieren, als Nitrifikanten.

Die Umwandlung erfolgt daher in zwei Schritten. Zuerst erfolgt eine Oxidation des Ammoniums zu Nitrit über Amoniummonooxygenas (AMO) zuerst zum Hydroxylamin und über Hydroxylaminoxidoreduktase (HAO) zu Nitrit [URL 7]. Die Organismengruppe die diese Reaktion durchführt wird auch als Amonimoxidanten bezeichnet.

Eine andere Organismengruppe, zu denen auch Nitrobacter zählt, katalysieren den zweiten Schritt, bei dem Nitrit zu Nitrat oxidiert wird.

Nitrifikanten leben autotroph und beziehen ihre Energie aus der Nitrifikation. Durch ihre langen Wachstumszeiten benötigen Nitrifikanten besondere Mileubedingungen um effektiv wachsen zu können. Ein gesicherter pH-Wert und eine stoßweise Zufuhr von Kohlenstoffquellen, um das Wachstum andere Organismengruppen zu behindern, sowie eine gleichbleibende Temperatur, sind daher wünschenswert.

Die Nitrifikation benötigt Sauerstoff, da dieser als Elektronenakzeptor dient, und daher müssen Nitrifikanten in Lösung ständig begast werden.

Durch die Ansäuerung des Mediums muss der pH-Wert ständig angepasst werden, um die Lebensbedingungen für Nitrifikanten ideal zu halten.

Die optimale Temperatur für Nitrifikation liegt zwischen 28° und 36° C. Wird die Temperatur geringer als 12°C verlangsamt sich die Nitrifikation, unterhalb von 8°C wird sie eingestellt. Der optimale pH-Bereich liegt zwischen 7,5 und 8,3.

Die Kontaktzeit zwischen Bakterien und Medium, die Versorgung mit Spurenelementen, eventuelle Hemmstoffe und organische Belastung können die Nitrifikation ebenfalls beeinflussen.

2 Zielstellung

Das Ziel der Untersuchung dieser Bachelorarbeit bestand darin die Biozönosen zweier Abluftreinigungsreaktoren, welche zur Cyanidelimination bei der Flammkaschierung benutzt wurden und welche ursprünglich mit derselben Mischkultur beimpft worden waren, und nun verschiedene Reinigungsleistungen erbrachten, zu untersuchen. Dabei eliminiert eine Anlage mit 60-70% Reinigungsleistung, während die andere nur 30-40% des einströmenden Cyanwasserstoffs zu eliminieren vermag. Beide Anlagen befinden sich in räumlicher Nähe, und man kann daher annehmen, dass sie gleichen Witterungsbedingungen ausgesetzt sind. Wesentlich für den Abbau sind dabei die Biozönosen der Reaktoren, und unter der Annahme, dass die Zugabe von Nitrifikanten einen positiven Einfluss auf den Abbau des Cyanides hat, da dem Cyanidabbau ein Vorhandensein von Ammonium abträglich ist, da Ammonium für die Cyanidabbauer ein willkommenerer Abbaustoff ist. Ein Entfernen des Ammoniums aus dem System mittels Nitrifikation hätte daher von der theoretisch einen besseren Cyanidabbau zu Folge, da die Cyanidabbauer gezwungen wären das Cyanid abzubauen, und keine andere Stickstoffquelle verfügbar wäre.

3 Material

Die Wasserproben, die hier verwendet wurden, wurden alle dem Umlaufwasser der Reaktoren entnommen, wobei erst etwas Wasser aus dem Hahn abgelassen wurden, bevor die Probe genommen wurde. Die Proben wurden anschließend im STFI in der Regel etwa 4 Tage bei 4°C im Kühlschrank gelagert.

3.1 Chemikalien

-2,6-Dimethylphenol (SIGMA-ALDRICH Chemistry GmbH, Riedstr. 2, 89555 Steinheim, Lot: STBB3389, 99%)

- α -D-Glucose (Serva Feinbiochemica GmbH & co. ; Lot 24071, analytischer Grad)

- Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (AppliChem GmbH, Ottoweg 4, 64291 Darmstadt; Lot 00005137)

-Ammoniummolybdat $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe; Charge 440161374, p.a.)

-Calciumchlorid CaCl_2 (Acros Organics, Janssen Pharmaceuticaaan, 3a, 2440 Geel, Belgien; Lot A013427201, Charge A013427201)

-Di-natrium-hydrogenphosphat Na_2HPO_4 (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt; K22761080 610)

-Di-Natriumcarbonat Na_2CO_3 (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt; pro analysis; 63920500; A842792 510)

-Dichlorisocyanuric acid sodium salt (Alfa Aesar GmbH & Co. KG, Benzstraße 3, 76185Karlsruhe; Lot10153511)

-Eisen-III-citrat (SIGMA-ALDRICH Chemistry GmbH, Riedstr. 2, 89555 Steinheim, Lot: 1140310; 25005209, p.a.)

-Fructose (Müller's Mühle)

- Indikator für die Cyanidbestimmung 5-(4-Dimethylaminobenzyliden)-rhodanin (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt; Lot S4227759 641, p.a.)
- Kalium-Dihydrogenphosphat KH_2PO_4 (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt; A802173 432)
- Kalium-Antimon-Tartrat-Trihydrat $\text{C}_8\text{H}_4\text{K}_2\text{O}_{12}\text{Sb}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (SIGMA-ALDRICH Chemistry GmbH, Riedstr. 2, 89555 Steinheim, Lot: #BCBB8164, p.a. purum)
- L(+)Ascorbinsäure (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe; Charge 090110821, p.a.)
- Magnesiumsulfat $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt ; A101386)
- Manganchlorid $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (BerlinChemie AG, Glienicker Weg 125 - 127 12489 Berlin; reinst)
- Natriumhydroxid (Th. Geyer GmbH & Co. KG, Chem Solute, Dornierstrasse 4, 71272 Renningen, p.A. 1245/12/10)
- Nitroprussid-Natrium-Dihydrat (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt ; Lot K41110041 039, pro analysis)
- Nitrifikationshemmer B (Tintometer GmbH, AQUALYTIC[®], Schleefstr. 12, DE-44287 Dortmund; Cat-Nr. 418642)
- Natriumacetat-Trihydrat (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe; Charge 170155219, Reinheit $\geq 99\%$, Ph.Eur., USP)
- Natriumnitrat NaNO_3 (Laborchemie Apolda GmbH, Utenbacher Straße 72, D-99510 Apolda ; 54059, 030468, reinst)
- N-Allylthioharnstoff (SIGMA-ALDRICH Chemistry GmbH, Riedstr. 2, 89555 Steinheim, Lot: STBB1069, 98%)

- Natriumhydrogencarbonat NaHCO_3 (SIGMA-ALDRICH Chemistry GmbH, Riedstr. 2, 89555 Steinheim, Lot: 10720; reinst)
- Paraffinöl, dickflüssig (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe)
- Pepton aus Casein (pankreatisch verdaut) (Merck KGaA, Frankfurter Straße 250, 64293 Darmstadt; Lot 1.02239.0500, VM259239 414, für die Mikrobiologie)
- Phosphorsäure H_3PO_4 (Th. Geyer GmbH & Co. KG, Chem Solute, Dornierstrasse 4, 71272 Renningen, Reinheit > 86%; Batch 1077/03/12)
- Silbernitrat (Kallies Feinchemie AG, Höhenweg 9, 01855 Sebnitz, p.a.)
- Saccharose (Puda)
- Steriles Wasser (hergestellt im STFI im Autoklaven bei 121°C 15 Min.)
- Schwefelsäure H_2SO_4 (Fisher Scientific UK, Bishop Meadow Road, Loughborough, Leics, LE11 526, UK ; Reinheit >95%; Lot 1331156)
- Trypton/Pepton aus Casein (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe; Charge 14786691)
- Thymol (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe; Charge 441177405, $\geq 99\%$, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$)

3.2 Medien

-Cyanidmedium (CN-Medium) [1]

- 100 ml Phosphatpuffer
- 5 ml MSL 1

-5 ml MSL 2

-10 ml Fructoselösung

-10 ml KCN-Lösung

-860 ml steriles Wasser

-Phosphat-Puffer (PP) 500mM

-95,7g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

-18g KH_2PO_4

-1000 ml demineralisiertes Wasser

pH 7,5

(autoklaviert 15 Minuten bei 121°C)

- Mineralsalzlösung 1 (MSL 1) [1]

-0,59g $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

-100 ml destilliertes Wasser

(autoklaviert 15 Minuten bei 121°C)

- Mineralsalzlösung 2 (MSL2) [1]

-10g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

-0,2g Fe(III)-Citrat

-10 ml Spurenelementlösung SL6

-100 ml destilliertes Wasser

(autoklaviert 15 Minuten bei 121°C, Fe(III)-Citrat löst sich beim Autoklavieren)

- **Spurenelementlösung SL6** (bereitgestellt vom STFI) [1]

-100 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

-30 mg $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

-300 mg H_3BO_3

-200 mg $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

-10 mg $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

-20 mg $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

-30 mg $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

-1000 ml destilliertes Wasser

- **Fructoselösung** (200mM)

-3,6 g Fructose

-100 ml destilliertes Wasser

(autoklaviert 15 Minuten bei 121°C)

- **Saccharoselösung** (100mM)

-3,42 g Saccharose

-100 ml destilliertes Wasser

(autoklaviert 15 Minuten bei 121°C)

- **Cyanidlösung (KCN-Lösung)** 100mM

-0,6512 g KCN

-100 ml destilliertes Wasser

(sterilfiltrieren, 0,22µm)

- **Saccharoselösung II**

-2 g Saccharose

-100 ml destilliertes Wasser

(autoklaviert 15 Minuten bei 121°C)

- **Cyanidlösung II (KCN-Lösung II)**

-0,2 g KCN

-100 ml destilliertes Wasser

(sterilfiltrieren, 0,22µm)

-Aerobiermedium

8g auf 1 l destilliertes Wasser Nährbouillon für die Mikrobiologie (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe; Charge 30789215)

Zusammensetzung: - 3,0 g Fleischextrakt

-5,0 g Pepton aus Gelatine

pH 6,8 ± 0,2

- Anaerobiermedium [2]

-0,87g Na_2HPO_4

-0,68g KH_2PO_4

-1,0g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

-0,2g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

-5,0g α -D-Glukose

-0,5g Trypton/Pepton aus Casein

-1ml Spurenelementlösung SL6

-1 l destilliertes Wasser

pH 6,8

- Nitrifikantenmedium [3]

-0,5g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

-0,07g KH_2PO_4

-0,05g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

-0,05g CaCl_2

-1ml Spurenelementlösung SL6

-1 l destilliertes Wasser

pH 7,5-8,0

- Denitrifikantenmedium [4]

-0,65g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

-0,68g KH_2PO_4

-0,89g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

-0,20g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

-0,026g CaCl_2

-1,68g NaNO_3

-3,65g Natriumacetat-Trihydrat

-1ml Spurenelementlösung

-1 l destilliertes Wasser

pH 6,8

IbcI-Medium:

-0,4g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

-0,03g NaNO_3

-0,2g KH_2PO_4

-0,15g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

pH 6,5-8,5

3.3 Biologische Reagenzien

-14-tägig genommene Probe von Vowalon

-14-tägig genommene Probe von C.H.Müller

-14-tägig genommene Probe vom Pilotreaktor IbcI (bei C.H.Müller)

-Nitrifikantenstammlösung: 1 l Belebtschlammprobe in 10 l Nitrifikantenstammlösung
vier Wochen unter Begasung bei Raumtemperatur angereichert

-Belebtschlammprobe von der Kläranlage Heinersdorf

3.4 Material

-0,4µm Spritzenfilter ChromaFIL® Xtra RC – 45/25 MN

-Dinspensette 10 ml Socorex Calibrex 520 (Socorex Isba S.A., Champ-Colomb 7, CH - 1024 Ecublens)

Durham-Reagenzgläser, Kalk-Soda-Glas, 35mm (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe)

-Membranfilter (0,45µm, Amchro GmbH) (amchro GmbH, Chromatographie- und Laborzubehör, Hugo-von-Eltz-Str. 22, 65795 Hattersheim)

-Pipetten (2-10ml; 100-1000µl, Thermo Labsystems), Pipette (20-200µl, Fischer scientific), Pipettenspitzen

-Reagenzgläser

-Rotilabo® Spritzenfilter, steril, 0,22µm (CARL ROTH GMBH + CO. KG, Schoemperlenstr. 1-5, 76185 Karlsruhe, Kontrollnummer 80025012)

-Zentrifugenröhrchen SARSTEDT, steril, 15 ml (Sarstedt AG und Co. Postfach 1220, 51582 Nümbrecht, Deutschland)

3.5 Geräte

-Autoklav (LTA 300, Zirbus) (ZIRBUS technology GmbH, Hilfe Gottes 1, 37539 Bad Grund / Harz)

-Analysenwaage (CP 224 S, Sartorius) (Sartorius AG, Weender Landstrasse 94-108, 37075 Göttingen, Deutschland)

-Brutschrank Heraeus instruments B6200 (Heraeus Holding GmbH, Heraeusstraße 12-14, 63450 Hanau)

-Kolbenschüttler (Gfl 3015)

-Magnetrührer mit Heizplatte (Heidolph MR 3001K) (Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Walpersdorfer Str. 12, D - 91126 Schwabach)

-Mikrobürette (BRAND GMBH + CO KG, Otto-Schott Str. 25, 97877 Wertheim)

-Laminarbox HeraSafe (Heraeus Holding GmbH, Heraeusstraße 12-14, 63450 Hanau)

-Photometer DR/2000 von Hach (HACH LANGE GmbH, 40549 Düsseldorf, Willstätter Strasse 11)

- HACH DR/2000 Spektralphotometer (HACH Lange GmbH, Königsweg 10, 14163 Berlin, Deutschland)

-Photometer

-pH-Messgerät pH 538 WTW MultiCal® (WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Dr.-Karl-Slevogt-Straße 1, D-82362 Weilheim, Germany)

-Rührplattform Aqualytic AI311 (Tintometer GmbH, AQUALYTIC®, Schleefstr. 12, DE-44287 Dortmund)

-Rührplattform Aqualytic AI322 (Tintometer GmbH, AQUALYTIC®, Schleefstr. 12, DE-44287 Dortmund)

-Zentrifuge Universal 320R (Hettich Holding GmbH & Co. oHG Vahrenkampstraße 12-16, 32278 Kirchlingern)

3.6 Lösungen

-Ascorbinsäurelösung ($10 \pm 0,5$ g Ascorbinsäure in 100 ± 5 ml destilliertem Wasser)

-Indikatorlösung (0,01 g 5-(4-Dimethylaminobenzyliden)-rhodanin in 50 ml Aceton gelöst, in Braunglasflasche und unter Lichtausschluss aufbewahrt)

-Natronlauge 32 g/l

-Silbernitratlösung 0,1 M

-Silbernitratlösung 0,01 M

-Silbernitratlösung 0,001M

-saure Molybdatlösung:

-13g±0,5g Ammoniumheptamolybdat-Tetrahydrat ($[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$) in 100ml±5ml destilliertem Wasser lösen

-0,35g±0,005g Kaliumantimon(III)oxidentartrat-Hemihydrat ($[\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}]$) in 100ml±5ml destilliertem Wasser lösen

-Molybdatlösung unter Rühren in 300ml±5ml H_2SO_4 -Lösung geben, danach Tartratlösung hinzufügen

- Schwefelsäurelösung (H_2SO_4 -Lösung) (9 mol/l): 500 ml destilliertem Wasser werden 500 ml konzentrierte Schwefelsäure (H_2SO_4 , $\rho = 1,84 \text{ g/ml}$) zugegeben

-Pufferlösung (pH10): -0,794g Na_2CO_3

-0,504g Na_2HCO_3

-in 100 ml destilliertem Wasser gelöst

-Chlorlösung: 0,265 Dichlorisocyanurat werden in 50 ml destilliertem Wasser gelöst

-Nitroprussidlösung: 0,2g Nitroprussidnatriumdihydrat werden in 10 ml destilliertem Wasser gelöst

-Thymollösung: 1,5g Thymol werden in 50 ml 2M Natronlauge (NaOH , 80 g/l) gelöst

-2,6-Dimethylphenol: 1,2 g 2,6-Dimethylphenol werden in 1 l Essigsäure (wasserfrei) gelöst

-Säuremischung: konzentrierte Schwefelsäure(H_2SO_4) und konzentrierte Phosphorsäure (H_3PO_4) werden im Verhältnis 1:1 (V) gemischt

4 Methoden

4.1 MPN-Methode

Die Most-Probable-Number-Methode (MPN-Methode) ist ein Titerverfahren bei dem man sich statistische Zahlen und Verdünnungsstufen zu Nutze macht. Es dient zur Bestimmung der Koloniebildenden Einheiten (KBE) in einem Flüssigmedium unter Benutzung eines Selektivmediums. Bei der MPN-Methode werden mindestens drei Röhrchen pro Verdünnungsstufe (1 ml Flüssigkeit aus dem vorhergehenden Röhrchen bzw. der Wasserprobe in 9 ml Medium) beimpft, und nach der vorgeschriebenen Bebrütungszeit auf im Vorfeld definierte Parameter untersucht, welche auf bakterielles Wachstum deuten. Die Proben stammten hierbei aus den Umlaufwässern der Reaktoren. Bei Denitrifikanten und Anaerobiern wurden vor dem Befüllen und Autoklavieren der Röhrchen mit Medium, Durham-Reagenzgläser mit der Öffnung nach unten in die Reagenzröhrchen gegeben und nach dem Beimpfen die Röhrchen unter Luftausschluss mit Hilfe von überschichtetem Paraffin bebrütet. Hierbei galten nur Röhrchen mit eingetrübtem Medium, welches zugleich eine Gasentwicklung, sichtbar in den Durham-Reagenzgläsern, aufwies, als positiv. Die Auswertung erfolgte mit den aus Statistiken entnommenen Daten, wobei mit steigender Anzahl an Parallelansätzen die statistische Sicherheit steigt [Serani, 2006]. Dies ist also ein Verfahren welches nur eine wahrscheinliche Anzahl an KBE ermittelt, und nicht die tatsächlich vorhandene, sichtbare Anzahl.

Zur Auswertung wurden drei aufeinanderfolgende Verdünnungsstufen herangezogen, welche sich im Übergangsbereich von „bewachsen“ zu „unbewachsen“ befanden.

Die entsprechenden Keimzahlen wurde dann in der Tabelle nach McCrady abgelesen, wobei nur die Anzahl an positiven Röhrchen wichtig ist, in dem man die Anzahl der bewachsenen Röhrchen pro Verdünnungsstufe zählte, die entsprechende Kombination in der Tabelle herausuchte und die entsprechende Zahl mit der geringsten der herangezogenen Verdünnungsstufen multiplizierte. Hierbei war zu beachten, dass man die Tabelle nur anwenden kann, wenn die Verdünnungsstufen in Zehnerschritten (10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , ..) durchgeführt wurden, und nur 3 bzw. 5 Parallelansätze berücksichtigt wurden. Bei McCrady gibt es drei Kategorien.

Kategorie 1: Am wahrscheinlichsten vorkommende Röhrenkombination, hier ist die Konfidenz am größten.

Kategorie 2: Weniger wahrscheinlichere Kombination als Kategorie 1, aber nicht zu selten. Die Konfidenz ist hier geringer.

Kategorie 3: Selten vorkommende Kombinationen mit geringer Konfidenz.

Mit Hilfe der Tabelle wurde so auf die wahrscheinlichste Keimzahl und den Vertrauensbereich geschlossen.

4.2 Nitrifikantenversuche

Bei den Abbautests wurden die Konzentrationsverläufe von Phosphat, Nitrat, Ammonium, optischer Dichte und Cyanid im Medium über einen Zeitraum von 14 Tagen bei verschiedenen Bedingungen aufgezeichnet Phosphat (siehe 4.5), Nitrat(siehe 4.7), optische Dichte (OD, siehe 4.4) und Ammonium (siehe 4.6) wurden täglich photometrisch bestimmt. Der CN-Gehalt (nach DIN 38 405 – D13 – 1 – 2, Februar 1981, Methode ist in der neueren Anleitung nicht als quantitative Bestimmungsmethode mehr vorhanden, unter dem Verbrauch von Silbernitratlösung, siehe 4.5) wurde einmal täglich bestimmt. Der Versuch wurde von über 14 Tage bei Raumtemperatur (schwankend zwischen 30°C bis 36°C) unter ständigem Rühren durch einen Magnetrührer durchgeführt, wobei die Proben stets unter der Sterilbank entnommen wurden.

Nitrat und Ammonium wurden beobachtet um Rückschlüsse über die Nitrifikation zu erhalten, da bei vorhandener Nitrifikation Ammonium sinken und Nitrat steigen müsste.

Phosphat wurde beobachtet um eine allgemeine Aussage über das Bakterien Wachstum zu treffen, da Phosphat für alle Organismengruppen als Wachstumsstoff benötigt wird.

5.2.1	steril	steril-H	Ansatz I	Ansatz II	Ansatz I - H	Ansatz II - H
Beimpfung	keine	keine	1 ml Nitrifikantenstammisg	1 ml Nitrifikantenstammisg	1 ml Nitrifikantenstammisg	1 ml Nitrifikantenstammisg
Hemmer	keiner	5 Tropfen Aqualytik	keiner	keiner	5 Tropfen Aqualytik	5 Tropfen Aqualytik
Medium	200 ml Nitrifikantenmedium	200 ml Nitrifikantenmedium	200 ml Nitrifikantenmedium	200 ml Nitrifikantenmedium	200 ml Nitrifikantenmedium	200 ml Nitrifikantenmedium
5.2.2	steril	steril-H	Ansatz I	Ansatz II	Ansatz I - H	Ansatz II - H
Beimpfung	keine	keine	10 ml Nitrifikantenstammisg	10 ml Nitrifikantenstammisg	10 ml Nitrifikantenstammisg	10 ml Nitrifikantenstammisg
Hemmer	keiner	5 Tropfen Aqualytik	keiner	keiner	5 Tropfen Aqualytik	5 Tropfen Aqualytik
Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium
5.2.3	steril	steril-H	Ansatz I	Ansatz II	Ansatz I - H	Ansatz II - H
Beimpfung	keine	keine	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13
Hemmer	keiner	1 ml Allylthioharnstoff	keiner	keiner	1 ml Allylthioharnstoff	1 ml Allylthioharnstoff
Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium
5.2.4	steril	steril-H	Ansatz I	Ansatz II	Ansatz I - H	Ansatz II - H
Beimpfung	keine	keine	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13
Hemmer	keiner	1 ml Allylthioharnstoff	keiner	keiner	1 ml Allylthioharnstoff	1 ml Allylthioharnstoff
Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium
	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II
5.2.5	steril	steril-H	Ansatz I	Ansatz II	Ansatz I - H	Ansatz II - H
Beimpfung	keine	keine	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13	10 ml lbc-Probe vom 8.8.13
Hemmer	keiner	1 ml Allylthioharnstoff	keiner	keiner	1 ml Allylthioharnstoff	1 ml Allylthioharnstoff
Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium	200 ml lbc-Medium
	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II	10 ml Saccharoselösung II
	10 ml Cyanid-lösung II	10 ml Cyanid-lösung II	10 ml Cyanid-lösung II	10 ml Cyanid-lösung II	10 ml Cyanid-lösung II	10 ml Cyanid-lösung II

Abbildung 11 Übersicht Nitrifikantenversuche

4.3 Bestimmung des Cyanidgehaltes in einer Lösung

Die Bestimmung des Cyanidgehaltes durch Titration erfolgte angelehnt an DIN 38 405 – D13 – 1 – 2, Februar 1981 bei der Cyanid durch einen Verbrauch an Silbernitratlösung bestimmt wird. Hierbei werden 10ml einer Probe und 2 ml Natronlauge vermenget, und die Proben etwas stehen gelassen, um eine Sedimentation von Schwebstoffen zu gewährleisten welche mit 50µl Indikatorlösung, solange mit 0,001M Silbernitratlösung titriert, bis der Indikator umschlägt, von einem gelben Farbton zu einem leicht orangen Farbton. Diese Methode ist in der neueren Anleitung nur noch als Überprüfungsmethode vorhanden, doch wir wurde hier weiter benutzt um einen besseren Vergleich zu älteren Ergebnissen zu haben.

4.4 Bestimmung der optischen Dichte

Die Bestimmung der optischen Dichte erfolgte mit Küvetten bei 550 nm im Photometer gegenüber destilliertem Wasser als Nullprobe.

4.5 Bestimmung von Phosphat im Umlaufwasser

Der Phosphatgehalt im Umlaufwasser wurde vom STFI photometrisch angelehnt an DIN EN ISO 6878: 2004. bestimmt.

Dabei wurden 0,4 ml Probeflüssigkeit mit 0,1 ml Ascorbinsäurelösung, 0,2 ml saure Molybdatlösung und 4,3 ml destilliertem Wasser versetzt. Diesen Ansatz ließ man 10 Minuten reagieren und maß anschließend die Extinktion im Photometer bei 880 nm.

Die Nullprobe bestand aus destilliertem Wasser.

4.6 Bestimmung von Ammonium im Umlaufwasser

Der Ammoniumgehalt wurde mit Hilfe von Berthelots Reaktion [Känel B., Mez K] bestimmt (Anleitung im Anhang).

Dabei wurden 2 ml der Probeflüssigkeit 100µl Pufferlösung, 50µl Nitroprussidlösung und 20µl Chlorlösung zugefügt. Nach dreiminütiger Wartezeit wurden noch 100 µl

Thymollösung beigefügt und nach einer Reaktionszeit von 12 Minuten die Probe bei 690 nm im Photometer gemessen.

Die Nullprobe bestand aus destilliertem Wasser.

4.7 Bestimmung von Nitrat im Umlaufwasser

Der Nitratgehalt im Umlaufwasser wurde vom STFI photometrisch in Anlehnung an DIN 38405 (D9): 1979.

Dabei wurden 0,5 ml Probelösung 4 ml einer Säuremischung und 0,5 ml 2,6-Dimethylphenol zugegeben, und nach 10 Minuten Reaktionszeit die Extinktion im Photometer bei 400 nm gemessen. Die Kalibriergerade war allerdings für 324nm bestimmt und wurde unter fälschlicher Annahme, dass sie für 400 nm kalibriert war, benutzt.

5 Ergebnisse

5.1 MPN-Methode

Alle hier verwendeten Proben wurden dem Umlaufwasser entnommen. Die Temperaturen wurden hierbei mit einem Temperaturlogger vom STFI im 15-Minuten-Rhythmus aufgenommen.

In diesen Diagrammen sind die durch die MPN-Methode mit 3 Parallelansätzen ermittelten Keimzahlen abgetragen, wobei die y-Achse logarithmisch aufgetragen ist. Die Wartung des Reaktors bei Vowalon erfolgte am 07.03.2013. C.H.Müller wartete seine Anlagen am vom 10. zum 11. 05.2013.

„Nitrat“ bezeichnet dabei hier immer den Stickstoff des in der Flüssigkeit enthaltenen Nitrats. „Phosphat“ bezeichnet immer den Phosphor des in der Flüssigkeit enthaltenden ortho-Phosphats. „Ammonium“ bezeichnet immer den Stickstoff, der in dem Ammonium, welches in der Flüssigkeit zu finden ist, enthalten ist

.

5.1.1 Keimzahlen von Vowalon

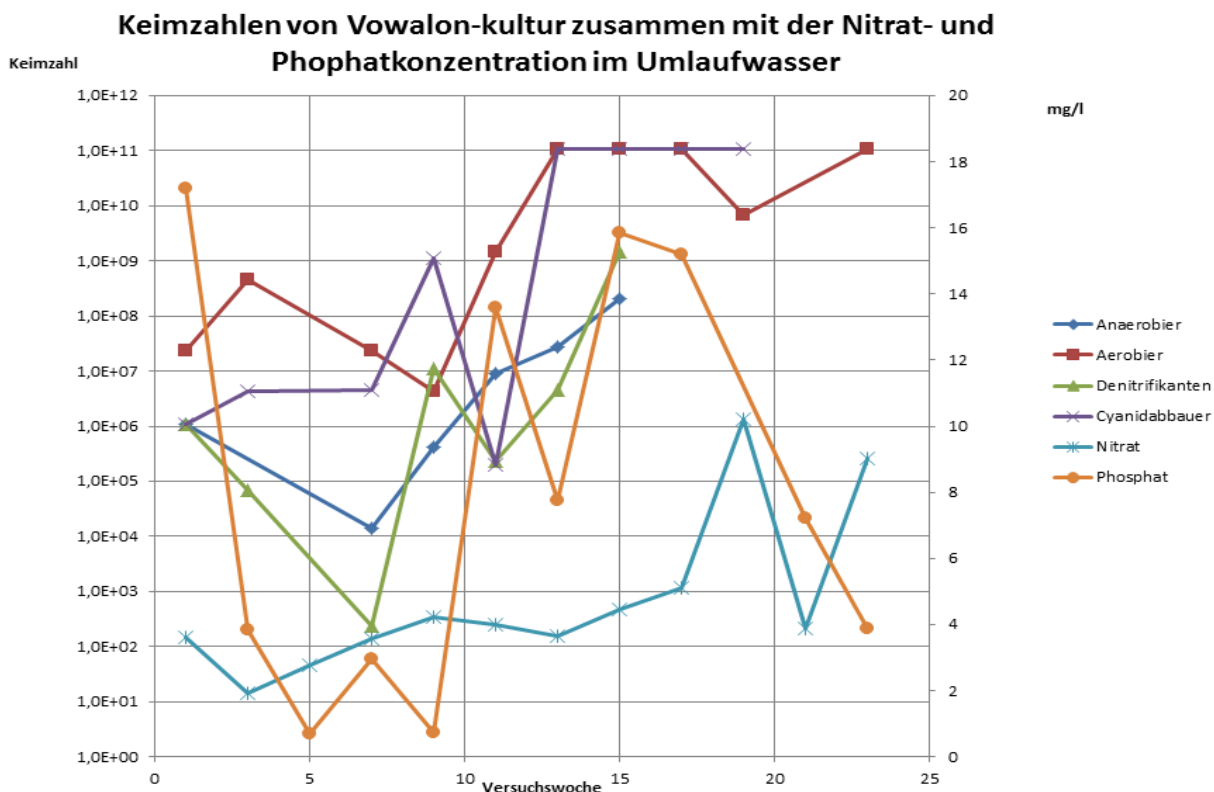


Abbildung 12 Keimzahlen der Vowalon-kultur zusammen mit der Nitrat- und Phosphatkonzentration im Umlaufwasser

In diesem Diagramm sind die durch die MPN-Methode mit 3 Parallelansätzen ermittelten Keimzahlen abgetragen, wobei die y-Achse logarithmisch aufgetragen ist.

Zu sehen ist, dass die Keimzahlen der Aerobier zuerst leicht anstiegen um danach wieder zu fallen, auf einen Wert der geringer war als der Ausgangswert, und dann wieder zu steigen. Dieser hohe Wert blieb eine Weile gleich um dann kurz abzusacken um danach wieder auf gleiche Höhe zu steigen.

Die Zahl der Denitrifikanten im Umlaufwasser sank am Anfang stark ab um anschließend stärker anzusteigen, wieder leicht zu fallen und dann wieder anzusteigen und dabei die höchste Keimzahl der Denitrifikantenmessung im Versuchszeitraum zu erreichen.

Die Keimzahl der Cyanidabbauer stieg am Anfang leicht um danach eine Weile gleich zu bleiben. Danach folgte ein starker Anstieg dem ein stärkerer Abstieg folgte. Anschließend stieg die Keimzahl wieder und erreichte ein Maximum.

Die Keimzahl der Anaerobier sank am Anfang um danach stetig zu steigen. Am Ende des Versuchszeitraums erreichten sie ein Maximum.

Die Konzentration an Phosphat sank Anfangs stark ab und erreichte dabei ein Minimum in der Kurve. Danach, an dem Zeitpunkt, an dem die Keimzahlen aller Organismengruppen sanken, stieg die Konzentration des Phosphats leicht an, um danach wieder zu sinken. Danach war ein starker Anstieg zu verzeichnen, welcher von einem kurzen Absinken und wieder stärkerem Ansteigen der Konzentration gefolgt wurde. Danach sank die Konzentration des Phosphats stark ab.

Die Nitratkonzentration sank am Anfang nur wenig ab um danach zu steigen. Anschließend folgte ein leichter stetiger Anstieg und ein minimaler Abstieg, der anschließend von einem starken Anstieg gefolgt wurde. Anschließend kam es zu einem starken Abfall der Konzentration, dem ein starker Anstieg folgte.

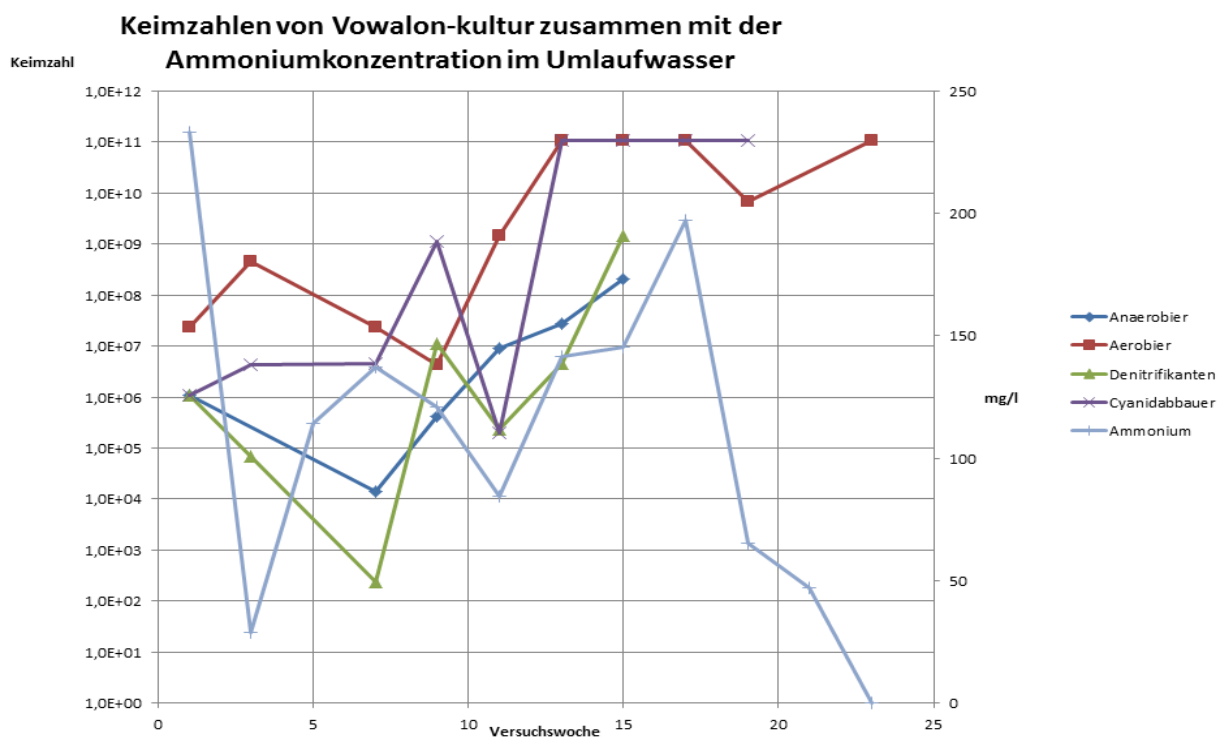


Abbildung 13 Keimzahlen der Vowalon-kultur zusammen mit der Ammoniumkonzentration im Umlaufwasser

In diesem Diagramm sind die durch die MPN-Methode mit 3 Parallelansätzen ermittelten Keimzahlen abgetragen, wobei die y-Achse logarithmisch aufgetragen ist.

Zu sehen ist, dass die Keimzahlen der Aerobier zuerst leicht anstiegen um danach wieder zu fallen, auf einen Wert der geringer war als der Ausgangswert, und dann wieder zu

steigen. Dieser hohe Wert blieb eine Weile gleich um dann kurz abzusacken um danach wieder auf gleiche Höhe zu steigen.

Die Zahl der Denitrifikanten im Umlaufwasser sank am Anfang stark ab um anschließend stärker anzusteigen, wieder leicht zu fallen und dann wieder anzusteigen und dabei die höchste Keimzahl der Denitrifikantenmessung im Versuchszeitraum zu erreichen.

Die Keimzahl der Cyanidabbauer stieg am Anfang leicht um danach eine Weile gleich zu bleiben. Danach folgte ein starker Anstieg dem ein stärkerer Abstieg folgte. Anschließend stieg die Keimzahl wieder und erreichte ein Maximum.

Die Keimzahl der Anaerobier sank am Anfang um danach stetig zu steigen. Am Ende des Versuchszeitraums erreichten sie ein Maximum.

Die Ammoniumkonzentration sank am Anfang stark ab. Zu diesem Zeitpunkt waren ein leichter Anstieg bei den Aerobiern und Cyanidabbauern, sowie ein leichter Abstieg bei den Denitrifikanten und Anaerobiern zu verzeichnen. Die Konzentration von Ammonium stieg anschließend erst stark und dann etwas schwächer und wurde von einem erneuten Absinken gefolgt. Anschließend stieg die Ammoniumkonzentration auf ein Maximum an, zu diesem Zeitpunkt waren auch die Keimzahlen aller Organismengruppen erhöht, um anschließend wieder stark zu sinken.

5.1.2 Keimzahlen von C.H.Müller

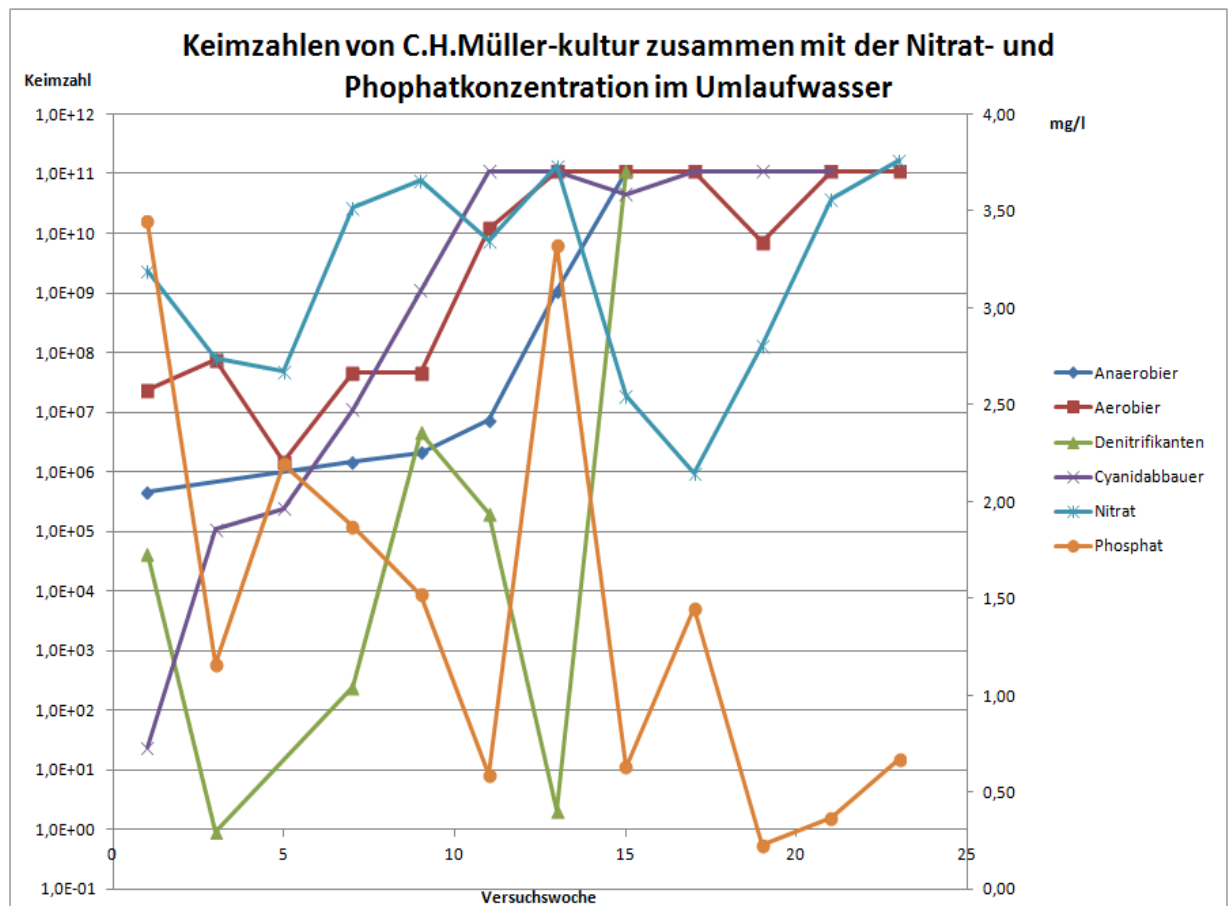


Abbildung 14 Keimzahlen der C.H.Müller-kultur zusammen mit der Nitrat- und Phosphatkonzentration im Umlaufwasser

In diesem Diagramm sind die durch die MPN-Methode mit 3 Parallelansätzen ermittelten Keimzahlen abgetragen, wobei die y-Achse logarithmisch aufgetragen ist.

Die Keimzahl der Aerobier, welche anfangs leicht stieg, fiel anschließend und danach wieder zu steigen, kurz gleich zu bleiben und wieder zu steigen. Auf einem Maximum angekommen verweilte die Keimzahl einige Zeit so hoch, sank kurz wieder ab und erreichte danach wieder das Maximum.

Die Keimzahl der Anaerobier war zu Beginn der Messung geringer als die Keimzahl der Aerobier und stieg seit dem langsam und zunehmend stark an bis sie schließlich genau so hoch war wie die Keimzahl der Aerobier.

Die Denitrifikanten starten mit einer niedrigeren Keimzahl als die Anaerobier und fallen danach stark ab um anschließend wieder zu steigen. Gefolgt wurde diese Entwicklung von einem starken Abfall und einem noch stärkerem Anstieg.

Die Cyanidabbauer starteten mit der niedrigsten Keimzahl, welche sich im Laufe der Versuchswochen erst stark, dann zögerlich und wieder stark erhöhte. Nach dem Erreichen eines Maximums, welches von einem geringen Abfall gefolgt wurde, blieb das Maximum bis zum Ende der Versuche erhalten.

Die Phosphatkonzentration, welche am Anfang einen hohen Wert aufwies, fiel stark ab um nach einem kurzen Anstieg noch stärker zu fallen. Danach erfolgte ein sehr starker Anstieg der Phosphatkonzentration der ein genauso starker Abfall folgte. Nach einem kurzen anstieg fiel die Konzentration erneut ab um danach langsam wieder zu steigen. Auffällig ist dabei, dass den Wochen, in denen die Phosphatkonzentration abfiel, Woche mit einem Abfall an Keimzahlen folgten.

Die Nitratkonzentration war am Anfang fast genauso hoch wie die Phosphatkonzentration und sank anschließend, allerdings weniger schnell als die Phosphatkonzentration, um anschließend wieder zu steigen. Nach einem erneuten kurzen Abfall stieg die Nitratkonzentration wieder um danach einem stärkeren Abfall ausgesetzt zu sein. Anschließend stieg die Konzentration an Nitrat in der Lösung wieder. Bei einem Anstieg von Nitrat im Umlaufwasser war auch eine Steigerung der Denitrifikantenkeimzahl zu beobachten.

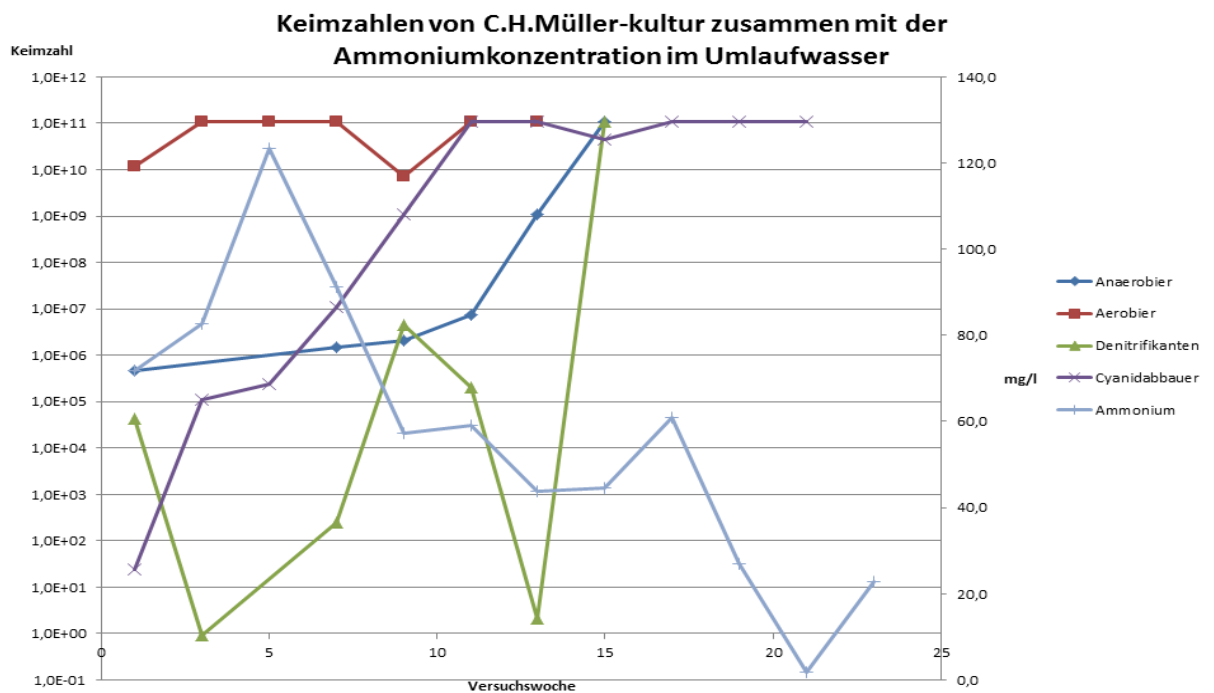


Abbildung 15 Keimzahlen der C.H.Müller-Kultur zusammen mit der Ammoniumkonzentration im Umlaufwasser

In diesem Diagramm sind die durch die MPN-Methode mit 3 Parallelansätzen ermittelten Keimzahlen abgetragen, wobei die y-Achse logarithmisch aufgetragen ist.

Die Keimzahl der Aerobier, welche anfangs leicht stieg, fiel anschließend und danach wieder zu steigen, kurz gleich zu bleiben und wieder zu steigen. Auf einem Maximum angekommen verweilte die Keimzahl einige Zeit so hoch, sank kurz wieder ab und erreichte danach wieder das Maximum.

Die Keimzahl der Anaerobier war zu Beginn der Messung geringer als die Keimzahl der Aerobier und stieg seit dem langsam und zunehmend stark an bis sie schließlich genau so hoch war wie die Keimzahl der Aerobier.

Die Denitrifikanten starten mit einer niedrigeren Keimzahl als die Anaerobier und fallen danach stark ab um anschließend wieder zu steigen. Gefolgt wurde diese Entwicklung von einem starken Abfall und einem noch stärkerem Anstieg.

Die Cyanidabbauer starteten mit der niedrigsten Keimzahl, welche sich im Laufe der Versuchswochen erst stark, dann zögerlich und wieder stark erhöhte. Nach dem Erreichen eines Maximums, welches von einem geringen Abfall gefolgt wurde, blieb das Maximum bis zum Ende der Versuche erhalten.

Die Ammoniumkonzentration, welche am Anfang leicht, und später stärker anstieg, sank stark ab. Nach einem kaum messbaren Anstieg, fiel die Konzentration weiter. Hier

wurde wieder ein kaum messbarer Anstieg verzeichnet, welcher von einem stärkeren Anstieg gefolgt wurde. Dem danach folgenden starken Abfall folgte wieder ein Anstieg der Ammoniumkonzentration.

5.1.3 Keimzahlen vom Pilotreaktor IbcI

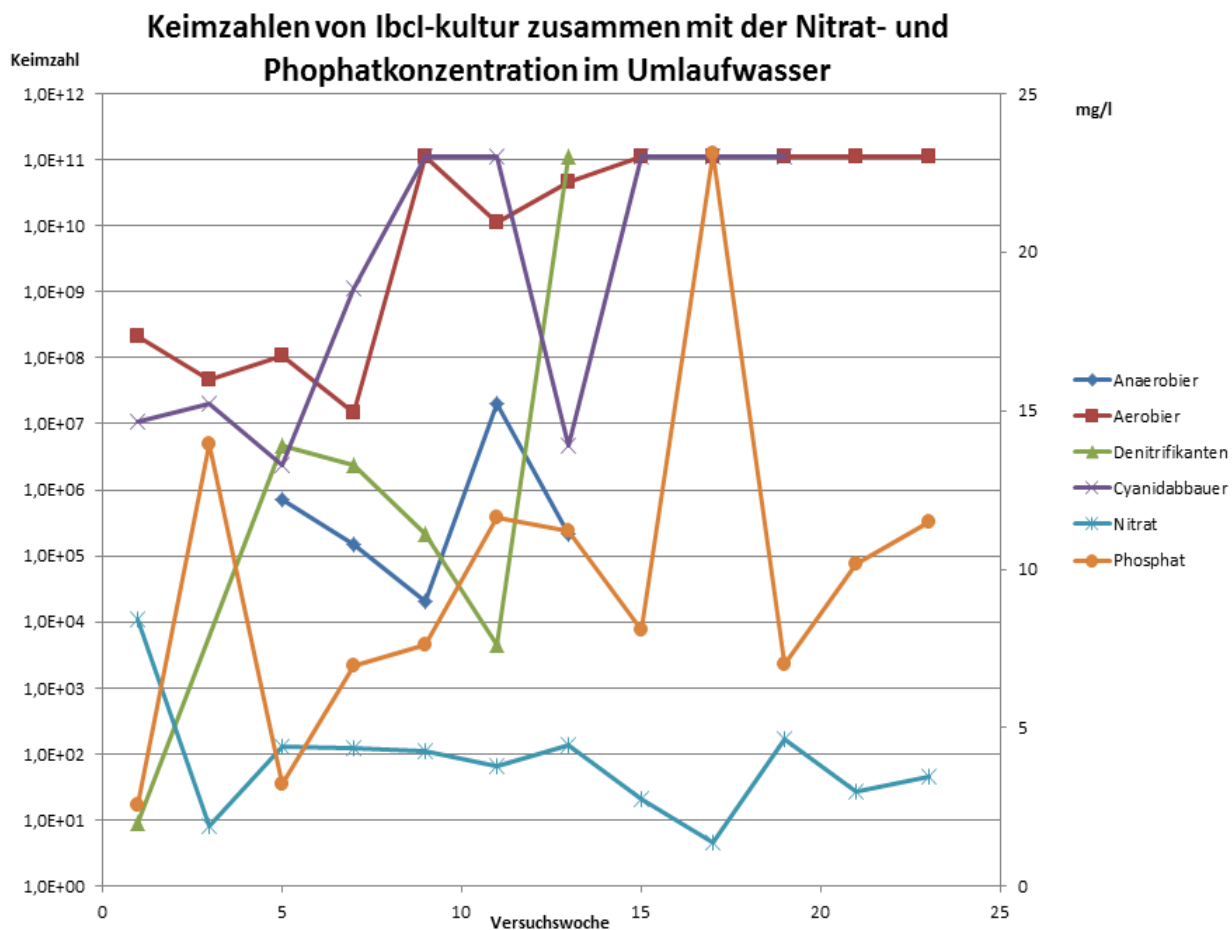


Abbildung 16 Keimzahlen der IbcI-Kultur zusammen mit der Phosphat- und Nitratkonzentration im Umlaufwasser

Die Aerobierkonzentration, welche am Anfang absank und wieder steigerte, sank anschließend tiefer um anschließend stark anzusteigen. Nach einem kurzen Absinken und wieder Aufsteigen blieb die Keimzahl der Aerobier gleichbleibend auf einem Maximum.

Die Keimzahl der Cyanidabbauer begann mit einem kleineren Wert als die Aerobier. Hier waren zuerst ein leichter Abfall und anschließend ein leichter Anstieg der Keimzahl zu verzeichnen, welchem ein starker Anstieg der Keimzahl folgte. Diese blieb

eine Weile konstant und sank danach stark ab um anschließend wieder ebenso stark zu steigen, und danach auf diesem Maximum, welches genauso hoch lag wie die Keimzahl der Aerobier, zu verweilen.

Die Keimzahl der Denitrifikanten begann sehr niedrig und stieg danach stark an. Darauf folgten ein stetiger langsamer Abfall und ein starker Anstieg der Keimzahl.

Die Keimzahl der Anaerobier startete höher als die der Denitrifikanten, aber niedriger als die der Cyanidabbauer und konnte erst ab einem späteren Zeitpunkt beobachtet werden. Diese Keimzahl sank zuerst um anschließend wieder zu steigen.

Die Konzentration an Phosphat startete anfangs sehr niedrig und stieg danach stark an. Es folgten ein ebenso schneller Abfall der Keimzahl und ein erst stärkerer, dann schwächerer und anschließend wieder stärkerer Anstieg der Keimzahl. Danach fiel sie wieder ab um anschließend sehr stark anzusteigen und genauso stark wieder zu fallen. Daraufhin folgte ein leichterer Anstieg der Keimzahl als vorher.

Die Nitratkonzentration nahm am Anfang stark ab und stieg danach wieder leicht an um auf dieser Höhe nur mit kaum merklichem Abstieg zu verweilen. Ein minimaler Abstieg und Aufstieg folgten, wonach sich ein stärkeres Absinken der Konzentration bemerkbar machte. Ein stärkerer Anstieg und schwächeres Absinken und wieder Ansteigen folgten anschließend.

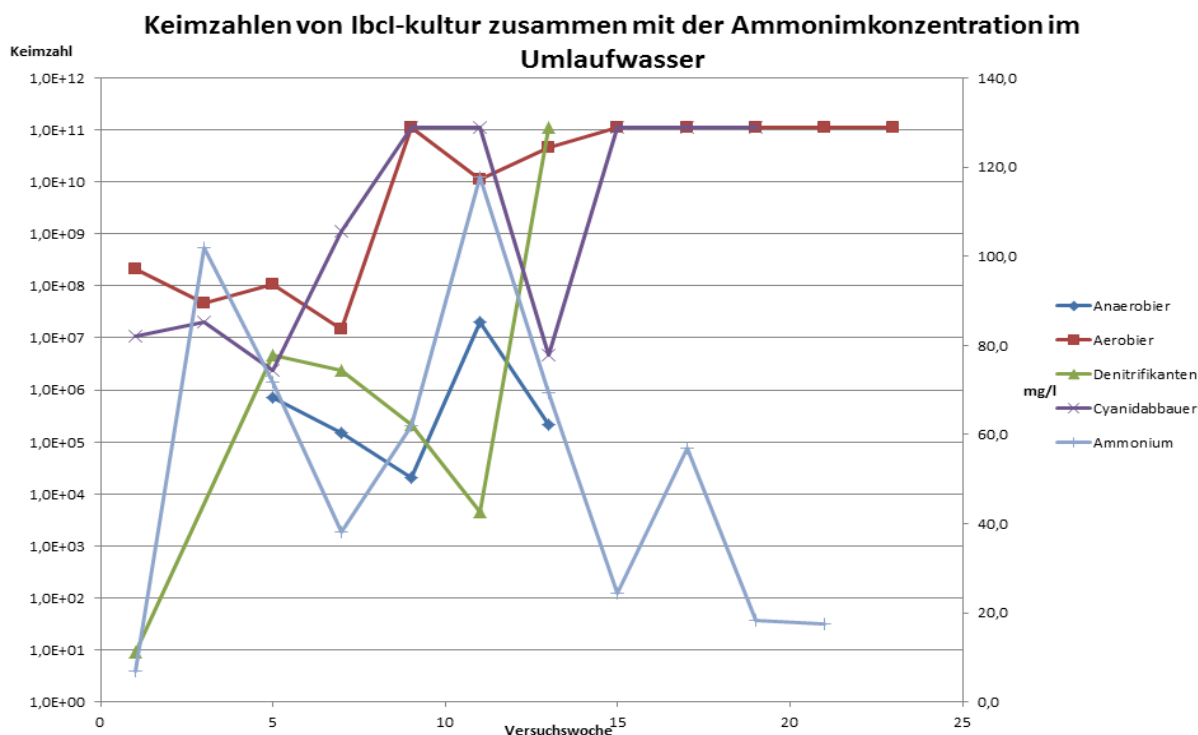


Abbildung 17 Keimzahlen der IbcI-Kultur zusammen mit der Ammoniumkonzentration im Umlaufwasser

Die Aerobierkonzentration, welche am Anfang absank und wieder steigerte, sank anschließend tiefer um anschließend stark anzusteigen. Nach einem kurzen Absinken und wieder Aufsteigen blieb die Keimzahl der Aerobier gleichbleibend auf einem Maximum.

Die Keimzahl der Cyanidabbauer begann mit einem kleineren Wert als die Aerobier. Hier waren zuerst ein leichter Abfall und anschließend ein leichter Anstieg der Keimzahl zu verzeichnen, welchem ein starker Anstieg der Keimzahl folgte. Diese blieb eine Weile konstant und sank danach stark ab um anschließend wieder ebenso stark zu steigen, und danach auf diesem Maximum, welches genauso hoch lag wie die Keimzahl der Aerobier, zu verweilen.

Die Keimzahl der Denitrifikanten begann sehr niedrig und stieg danach stark an. Darauf folgten ein stetiger langsamer Abfall und ein starker Anstieg der Keimzahl.

Die Keimzahl der Anaerobier startete höher als die der Denitrifikanten, aber niedriger als die der Cyanidabbauer und konnte erst ab einem späteren Zeitpunkt beobachtet werden. Diese Keimzahl sank zuerst um anschließend wieder zu steigen.

Die Konzentration an Ammonium, die anfangs noch gering war, stieg stark an um anschließend weniger stark wieder zu fallen. Es folgten eine weitere starke Steigung und ein weiterer starker Abfall, welcher von einem leichteren Anstieg und einem weiteren leichten Abfall gefolgt wurden. Am Ende blieb die Konzentration an Ammonium nahezu gleichbleibend.

5.1.4 Keimzahlen der Aerobier

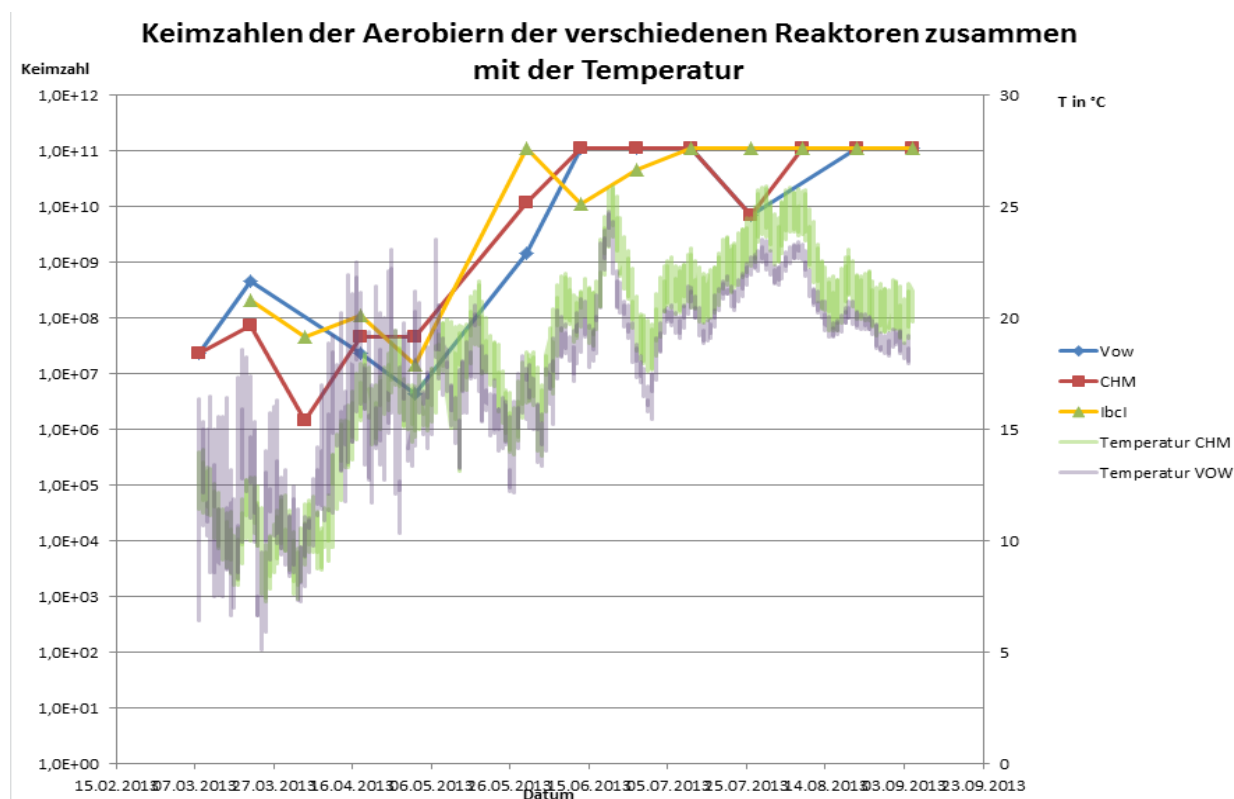


Abbildung 18 Keimzahlen der Aerobier der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur

In diesem Diagramm werden die Keimzahlen der verschiedenen Reaktoren eines Organismen types logarithmisch gegen die Temperatur in °C abgetragen

Zu sehen ist, dass die Keimzahlen der Vowalon-Aerobier zuerst leicht anstiegen um danach wieder zu fallen, auf einen Wert der geringer war als der Ausgangswert, und dann wieder zu steigen. Dieser hohe Wert blieb eine Weile gleich um dann kurz abzusacken um danach wieder auf gleiche Höhe zu steigen.

Die Keimzahl der C.H.Müller-Aerobier, welche anfangs leicht stieg, fiel anschließend um danach wieder zu steigen, kurz gleich zu bleiben und wieder zu steigen. Auf einem Maximum angekommen verweilte die Keimzahl einige Zeit so hoch, sank kurz wieder ab und erreichte danach wieder das Maximum.

Die Aerobierkonzentration des IbcI, welche am Anfang absank und wieder steigerte, sank anschließend tiefer um anschließend stark anzusteigen. Nach einem kurzen

Absinken und wieder Aufsteigen blieb die Keimzahl der Aerobier gleichbleibend auf einem Maximum.

Die Temperaturen, welche am Anfang sanken stiegen signifikant um nach einem kleinen Abstieg wieder stark anzusteigen. Nach einem weiteren leichten Abfall stiegen die Temperaturen wieder.

Zu bemerken ist hier, dass größere Änderungen in den Aerobierkonzentrationen zum gleichen Zeitpunkt wie die Temperaturerhöhungen stattfanden.

5.1.5 Keimzahlen der Anaerobier

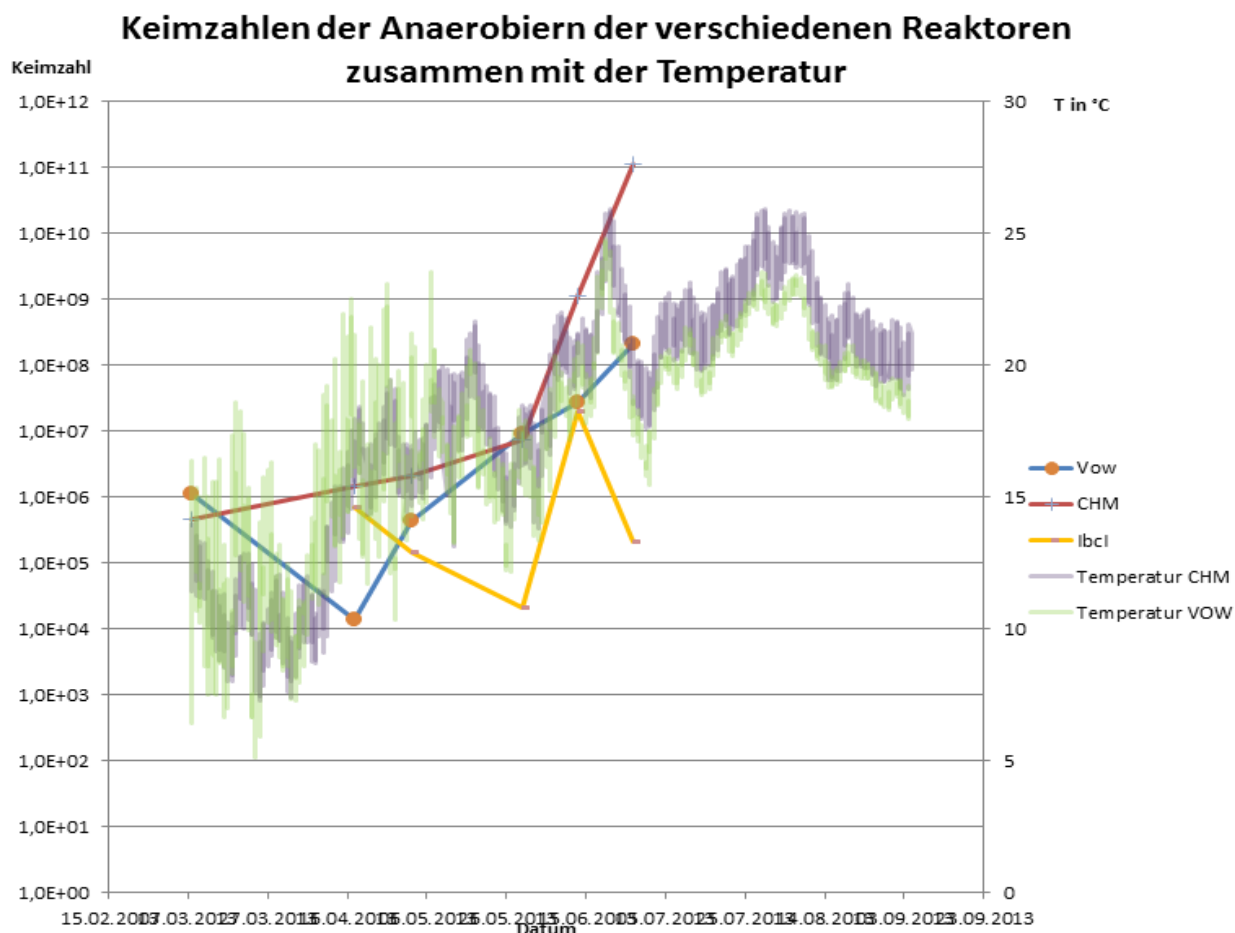


Abbildung 19 Keimzahlen der Anaerobier der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur

Die Keimzahl der C.H.Müller-Anaerobier war zu Beginn der Messung geringer als die Keimzahl der Vowalon-Anaerobier und stieg seit dem langsam und zunehmend stark an bis sie schließlich den höchsten Wert von allen erreichte.

Die Keimzahl der Vowalon-Anaerobier sank am Anfang um danach stetig zu steigen. Am Ende des Versuchszeitraums war sie geringer als die der C.H.Müller-Anaerobier, übertraf aber die Keimzahl der IbcI-Anaerobier.

Die Keimzahl der IbcI-Anaerobier sank zuerst um anschließend wieder zu steigen und anschließend wieder zu sinken.

Die Temperaturen, welche am Anfang sanken stiegen signifikant um nach einem kleinen Abstieg wieder stark anzusteigen. Nach einem weiteren leichten Abfall stiegen die Temperaturen wieder.

Dabei ist zu bemerken dass ein starker Temperaturanstieg immer von einem starken Anstieg der Keimzahlen begleitet wurde.

5.1.6 Keimzahlen von Denitrifikanten

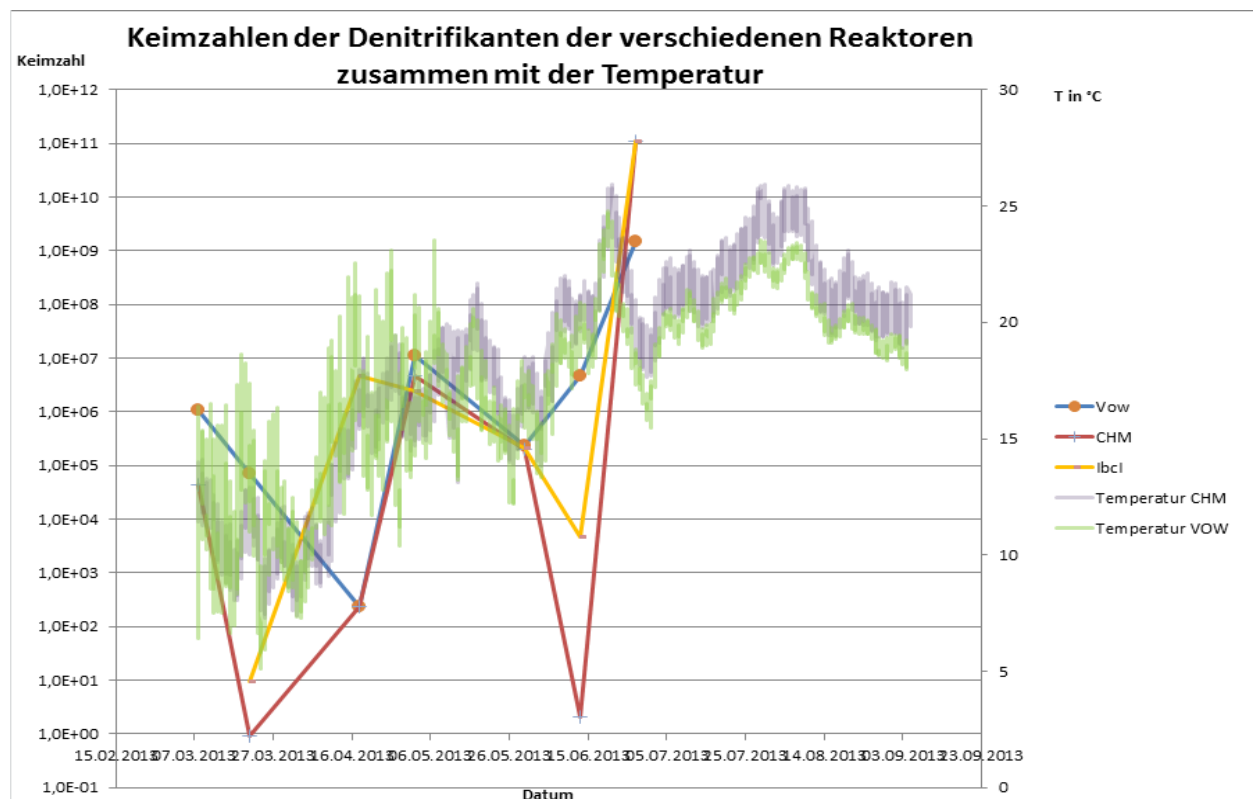


Abbildung 20 Keimzahlen der Denitrifikanten der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur

Die Zahl der Vowalon-Denitrifikanten im Umlaufwasser sank am Anfang stark ab um anschließend stärker anzusteigen, wieder leicht zu fallen und dann wieder anzusteigen

und dabei die höchste Keimzahl der Vowalon-Denitrifikantenmessung im Versuchszeitraum zu erreichen.

Die C.H.Müller-Denitrifikanten starten mit einer niedrigeren Keimzahl als die Denitrifikanten von Vowalon und fallen danach stark ab um anschließend wieder zu steigen. Gefolgt wurde diese Entwicklung von einem starken Abfall und einem noch stärkerem Anstieg der Keimzahl.

Die Keimzahl der IbcI-Denitrifikanten begann sehr niedrig und stieg danach stark an. Darauf folgten ein stetiger langsamer Abfall und ein starker Anstieg der Keimzahl.

Die Temperaturen, welche am Anfang sanken stiegen signifikant um nach einem kleinen Abstieg wieder stark anzusteigen. Nach einem weiteren leichten Abfall stiegen die Temperaturen wieder.

Zu bemerken ist hier, dass größere Änderungen in den Temperaturen leicht später auch Änderungen der Keimzahlen nach sich zogen, wobei bei geringeren Temperaturen geringe Keimzahlen und bei größeren Temperaturen höhere Keimzahlen gemessen wurden.

5.1.7 Keimzahlen von Cyanidabbauern

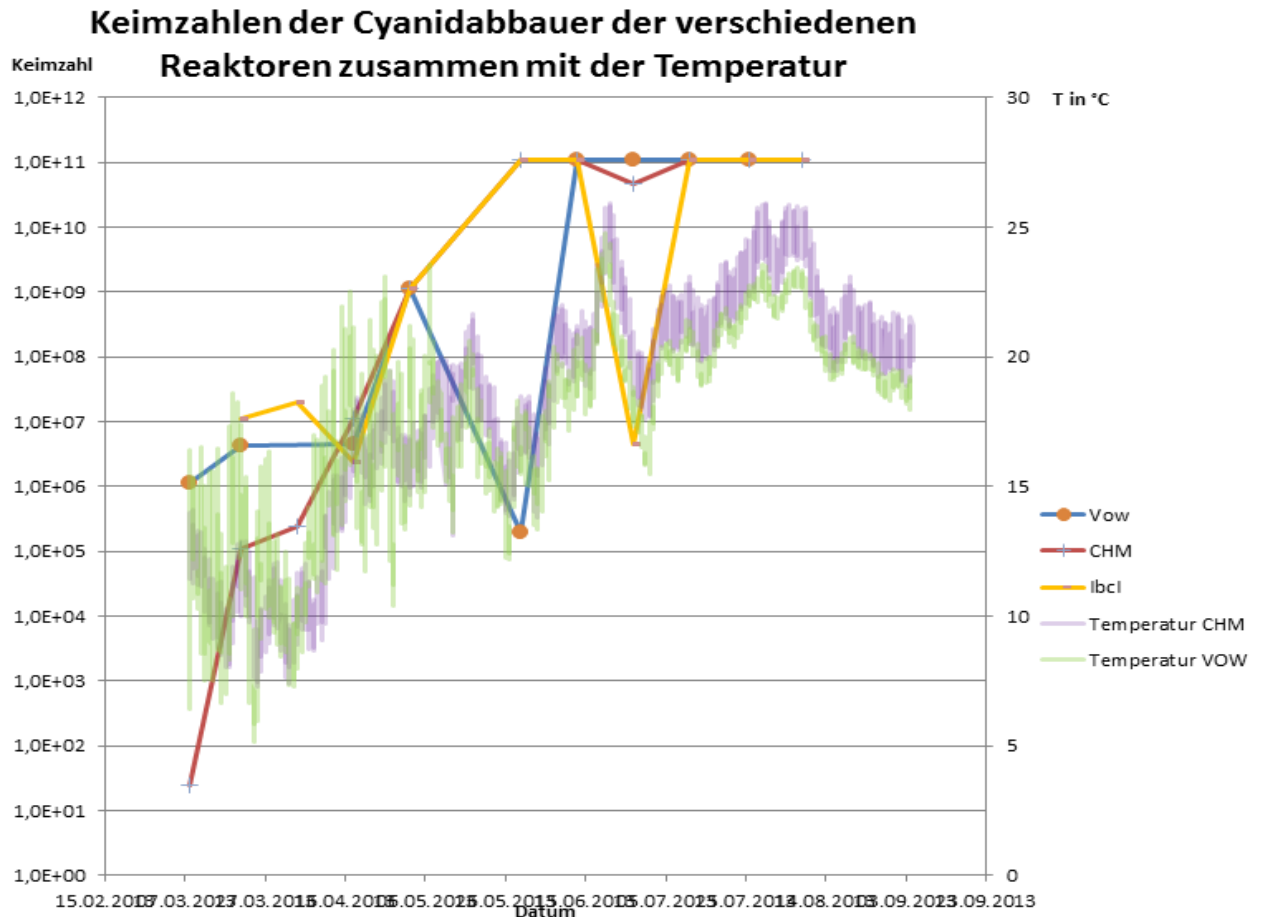


Abbildung 21 Keimzahlen der Cyanidabbauer der verschiedenen Reaktoren zusammen mit der Temperatur

Die Keimzahl der Vowalon-Cyanidabbauer stieg am Anfang leicht um danach eine Weile gleich zu bleiben. Danach folgte ein starker Anstieg dem ein stärkerer Abstieg folgte. Anschließend stieg die Keimzahl wieder an und erreichte ein Maximum.

Die Cyanidabbauer von C.H.Müller starteten mit der niedrigsten Keimzahl der drei Reaktoren, welche sich im Laufe der Versuchswochen erst stark, dann zögerlich und wieder stark erhöhte. Nach dem Erreichen eines Maximums, welches von einem geringen Abfall gefolgt wurde, blieb das Maximum bis zum Ende der Versuche erhalten.

Die Keimzahl der Cyanidabbauer im Ibcl begann mit einer höheren Keimzahl als die Cyanidabbauer von Vowalon. Hier waren zuerst ein leichter Abfall und anschließend ein leichter Anstieg der Keimzahl zu verzeichnen, welchem ein starker Anstieg der Keimzahl folgte. Diese blieb eine Weile konstant und sank danach stark ab um

anschließend wieder ebenso stark zu steigen, und danach auf diesem Maximum, welches genauso hoch lag wie die Keimzahl der anderen Reaktoren, zu verweilen.

Die Temperaturen, welche am Anfang sanken stiegen signifikant um nach einem kleinen Abstieg wieder stark anzusteigen. Nach einem weiteren leichten Abfall stiegen die Temperaturen wieder.

Zu bemerken ist hier, bei erhöhten Temperaturen auch erhöhte Keimzahlen gemessen wurden.

5.2 Nitrifikantenversuche

„Cyanid“ bezeichnet dabei alle cyanidhaltigen, in Flüssigkeit gelösten Substanzen, bezogen nur auf den Gehalt an Cyanid.

Die Versuche wurden alle in abgedeckten bzw. leicht zugeschraubten Reagenzgefäßen bei ständigem Rühren durch einen Magnetrührer durchgeführt. Die Proben wurden dabei bei Raumtemperatur, welche von 28°C bis 37°C schwankte, inkubiert.

Die Übersicht der Versuche enthält alle ermittelten Parameter. Diagramme bei denen auf einzelne Parameter eingegangen wird finden sich im Anhang.

Wurde auf der vertikalen Sekundärachse der im Anhang befindlichen Diagramme zu einer Maßeinheit zusätzlich noch der Stoff angegeben, bedeutet dies, dass nur der angegebene Stoff an dieser Sekundärachse abgetragen wurde, die anderen Angaben aber an der Primärachse abgetragen wurden.

5.2.1 Nitrifikantenstammlösung in Nitrifikantenmedium

Die Nitrifikantenstammlösung wurde hergestellt, indem die Nitrifikanten aus 20 ml einer Belebtschlammprobe der Kläranlage in 200 ml Nitrifikantenmedium über zwei Wochen lang bei 30-35°C Raumtemperatur abgedeckt unter ständigem Rühren angereichert wurden.

Bei diesen Versuchen wurden 200ml Nitrifikantenmedium 1ml der Nitrifikantenstammlösung zugegeben. Der Hemmstoff, ein Hemmer von Aqualytic, wurde in einer Dosis von 5 Tropfen aus der vorhandenen Tropfflasche zugegeben.

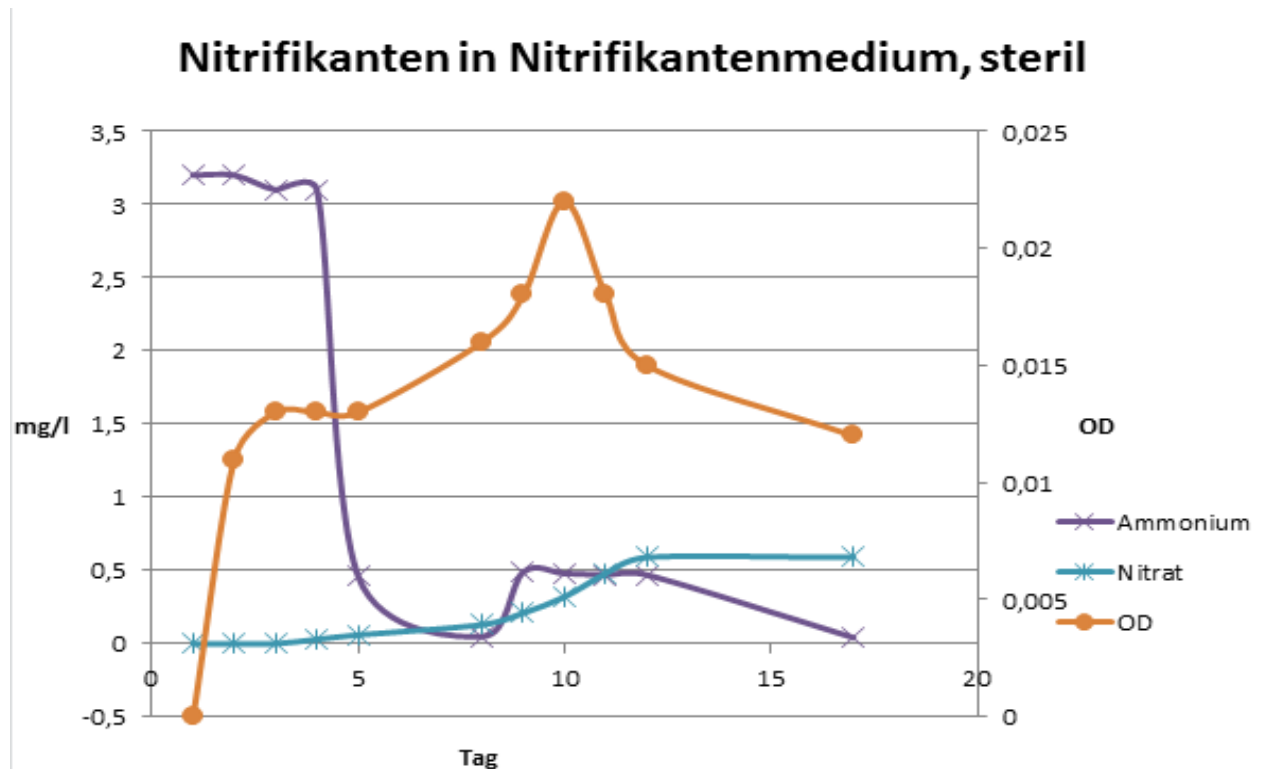


Abbildung 22 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilversuch, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen. Die Messungen an Phosphat, die hier durchgeführt wurden, kamen zu keinem Ergebnis, da die Phosphatkonzentrationen zu hoch waren um photometrisch mit der beschriebenen Methode festzustellen.

Hier ist zu erkennen, dass die optische dichte im gesamten Versuchszeitraum sehr niedrig bleibt, dabei war anfangs ein Anstieg der optischen Dichte zu erkennen, welcher sich dann verringerte um später wieder stärker anzusteigen. Nach dem Erreichen eines Maximums sank die optische Dichte wieder.

Die Ammoniumkonzentration, welche am Anfang noch sehr hoch war, sank nach einigen gleichbleibenden Messungen schlagartig ab. Zu erwähnen ist hier allerdings auch, dass bei der Messung die Verdünnungsstufe um eine Stufe verringert wurde. Anschließend blieb die Ammoniumkonzentration eine Weile gleich um anschließend

von einem stärkeren Anstieg gefolgt zu werden. Ab da sank die Konzentration wieder langsam ab.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch bei null, stieg zeitgleich mit einem Abfall der Ammoniumkonzentration an, und die Steigung steigerte sich noch, nachdem zeitgleich die Konzentration an Ammonium einen Nullpunkt erreichte und danach wieder anstieg.

Dabei ist zu erkennen dass ein Anstieg an Nitrat erst nach einem Abfall von Ammonium zu beobachten ist.

Die Nitratkonzentration stieg zeitgleich mit dem Anstieg der optischen Dichte an, und die Steigung steigerte sich noch, nachdem zeitgleich die optische Dichte steiler zu steigen begann. Nach dem die optische Dichte wieder abnahm begann zur selben Zeit die Steigung der Nitratkonzentration zu stagnieren und blieb fortan konstant.

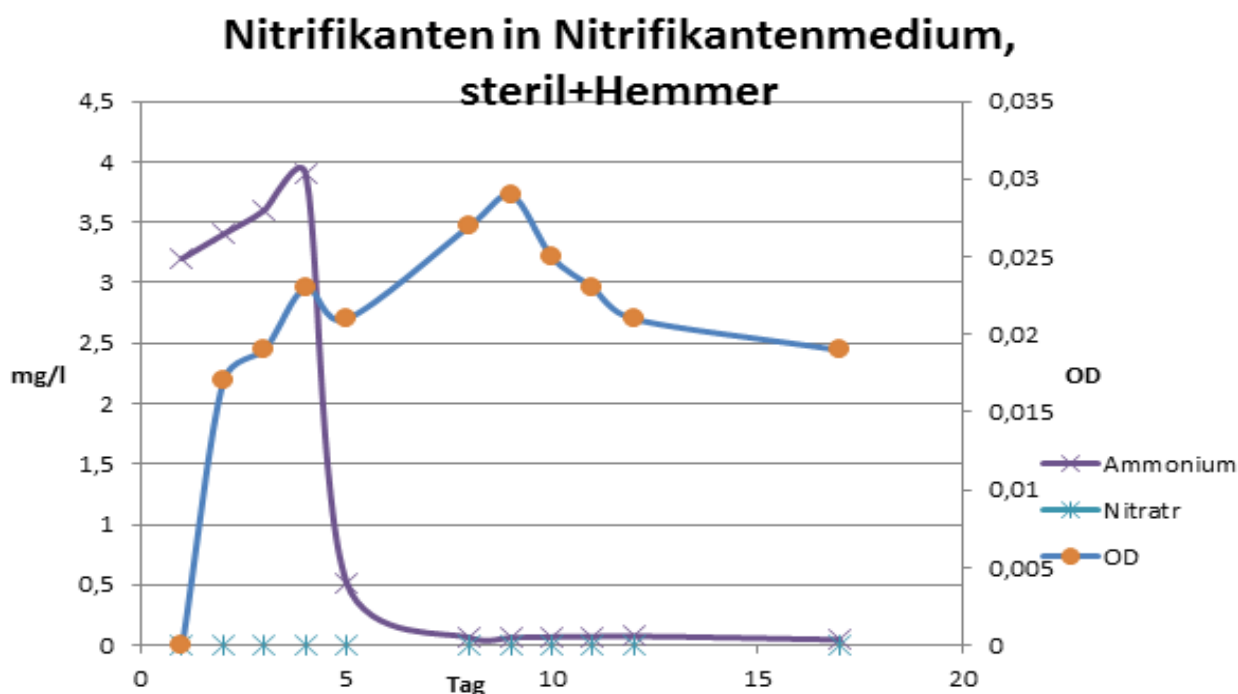


Abbildung 23 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilversuch + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen. Die Messungen an Phosphat, die hier durchgeführt wurden, kamen zu keinem Ergebnis, da die Phosphatkonzentrationen zu hoch waren um photometrisch mit der beschriebenen Methode festzustellen.

Hier ist zu erkennen, dass auch hier die optische Dichte im versuchszeitraum kaum ansteigt. Der Anstieg war anfangs noch steil, verlangsamte sich dann etwas und wurde wieder steiler. Nach einem kurzen Abfall stieg die optische Dichte wieder an um nach dem Erreichen des Kurvenmaximums wieder abzufallen.

Die Ammoniumkonzentration, welche am Anfang noch anstieg, sank nach etwa vier Tagen steil ab. Ab diesem Zeitpunkt wurde bei der Messung auch die Verdünnungsstufe um eins verringert. Danach blieb die Konzentration eine Weile konstant, sank danach langsam ab und begann gegen Ende wieder leicht zu steigen.

Die Am Anfang nicht vorhandene Nitratkonzentration stieg im Verlauf der Versuche, nach dem auch die Ammoniumkonzentration stieg, erst an und sank danach langsam und schleppend wieder, nachdem auch die Ammoniumkonzentration gesunken war.

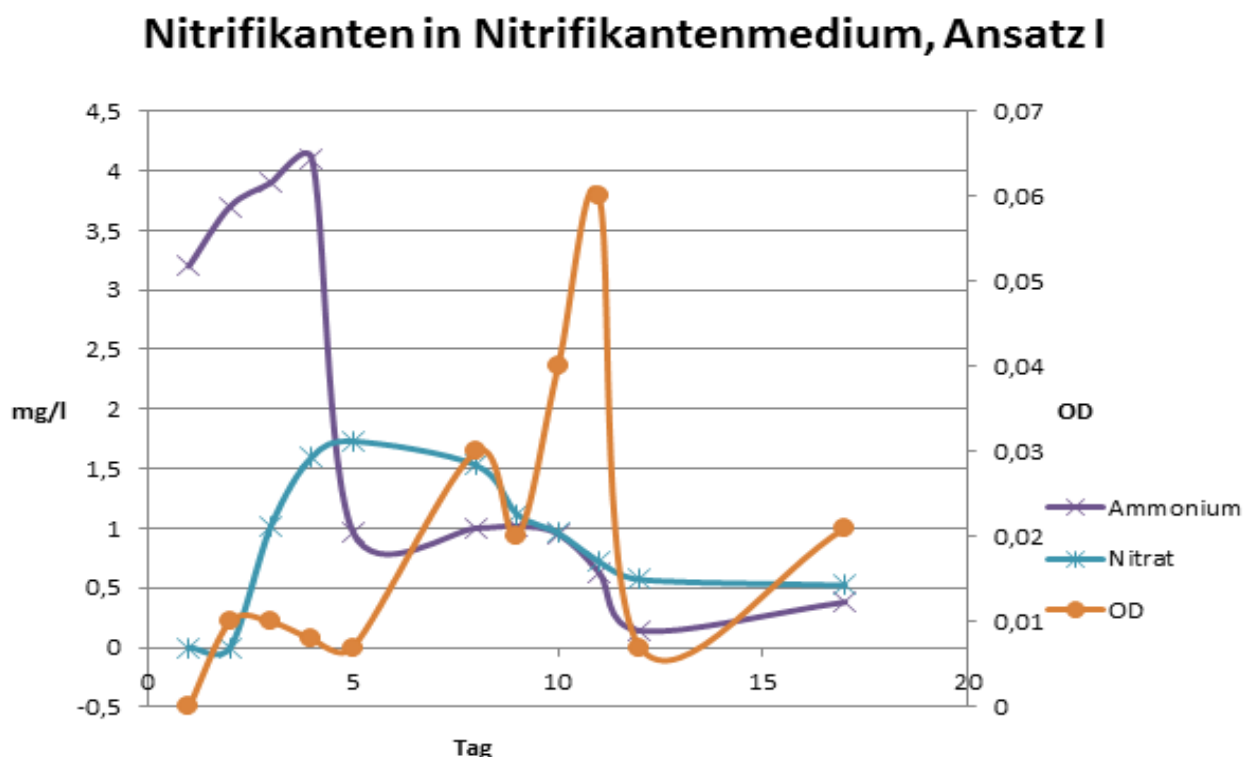


Abbildung 24 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen. Die Messungen an Phosphat, die hier durchgeführt wurden, kamen zu keinem Ergebnis, da die Phosphatkonzentrationen zu hoch waren um photometrisch mit der beschriebenen Methode festzustellen.

Die optische Dichte steigt hier im Versuchszeitraum kaum merklich an. Dabei beginnt der Verlauf zuerst mit einer Steigung, welche von einem leichten Abfall und einer starken Steigung gefolgt wurde. Danach sank die OD wieder kurzzeitig ab, nur um dann noch einmal stark zu steigen und ein Maximum zu erreichen. Nach einem weiteren steilen Abfall der OD bis fast auf null war noch eine leichte Steigung zu verzeichnen.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch nicht vorhanden, stieg im späteren Verlauf der Versuche an, sank minimal ab und blieb danach konstant. Danach war ein leichtes Absinken und später eine nahe Null bleibenden Nitratkonzentration feststellbar.

Die Ammoniumkonzentration die am Anfang noch gestiegen war, sank um den vierten Versuchstag herum steil ab, wobei zur gleichen Zeit auch die Verdünnungsstufe bei der Ammoniumbestimmung um eins verringert wurde. Danach blieb die Konzentration eine Weile nahezu gleich, wonach es zu einem steilen Anstieg, einer kurzen Stagnation und einem weiteren Anstieg führte.

Dabei ist auffällig, dass die Steigung der Nitratkonzentration erst beim Abfall der Ammoniumkonzentration zu beobachten ist, und ein weiterer Anstieg der Ammoniumkonzentration erst nach dem Abfall der Nitratkonzentration geschah. Außerdem ist zu bemerken, dass die Nitratkonzentration erst nach einem Anstieg der OD zu steigen begann.

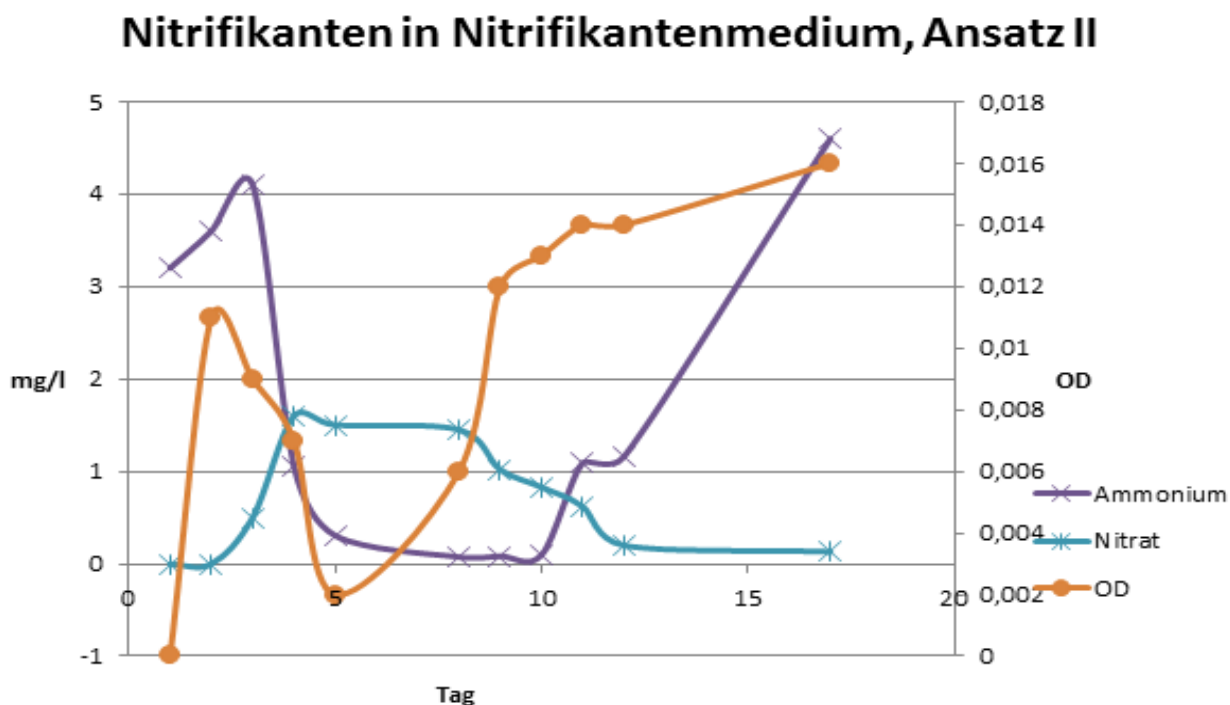


Abbildung 25 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen. Die Messungen an Phosphat, die hier durchgeführt wurden, kamen zu keinem Ergebnis, da die Phosphatkonzentrationen zu hoch waren um photometrisch mit der beschriebenen Methode festzustellen.

Die optische Dichte in diesen Versuchen, welche anfangs noch sehr niedrig war, stieg gleich zu Beginn der Versuche an und sank danach wieder, bis nach fünf Tagen eine weitere Steigerung feststellbar war, welche sich bis zum Ende der Versuche in ihrer Steilheit aber verringerte.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch nicht vorhanden, stieg im späteren Verlauf der Versuche an, sank minimal ab und blieb danach konstant. Danach war ein leichtes Absinken und später eine nahe Null bleibenden Nitratkonzentration feststellbar.

Die Ammoniumkonzentration die am Anfang noch gestiegen war, sank um den vierten Versuchstag herum steil ab, wobei zur gleichen Zeit auch die Verdünnungsstufe bei der Ammoniumbestimmung um eins verringert wurde. Danach blieb die Konzentration eine Weile nahezu gleich, wonach es zu einem steilen Anstieg, einer kurzen Stagnation und einem weiteren Anstieg führte.

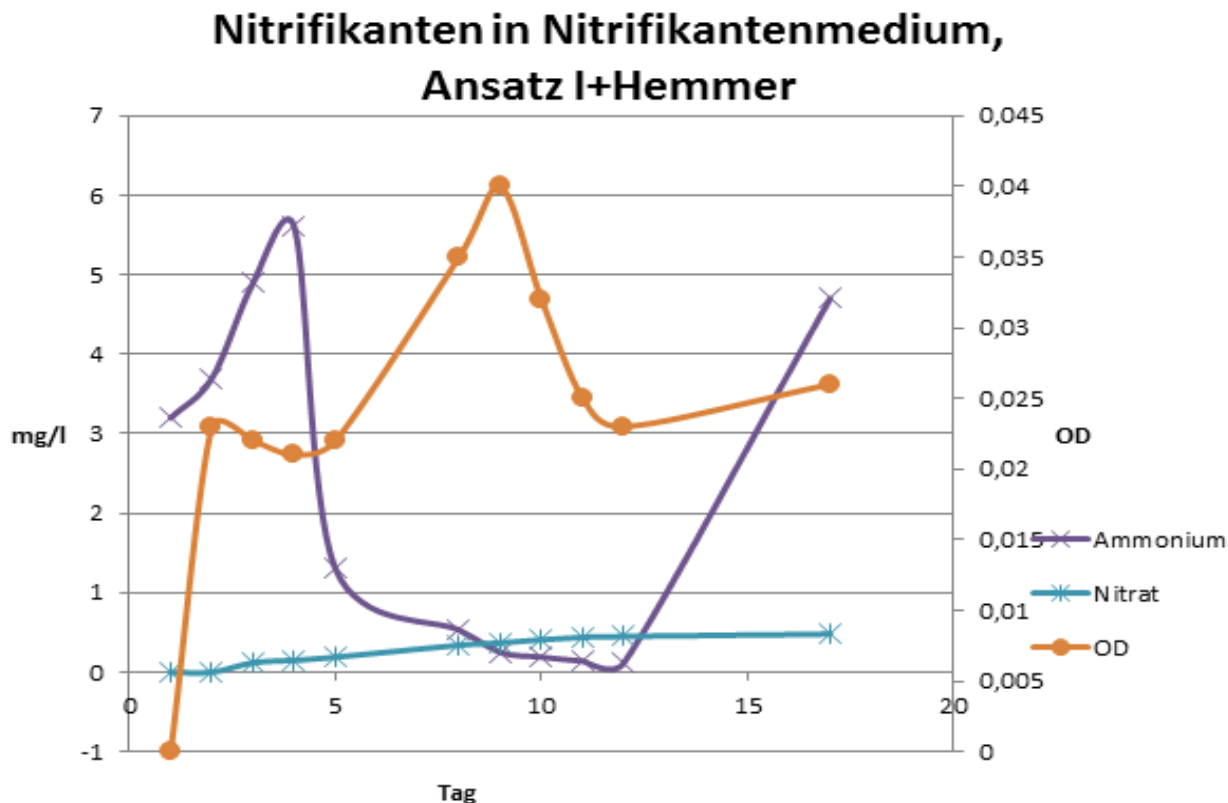


Abbildung 26 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen. Die Messungen an Phosphat, die hier durchgeführt wurden, kamen zu keinem Ergebnis, da die Phosphatkonzentrationen zu hoch waren um photometrisch mit der beschriebenen Methode festzustellen.

Die optische Dichte, welche im Laufe der Versuche kaum zunahm, stieg am Anfang stark an, sackte dann leicht ab und stieg noch einmal stark bis ein Maximum erreicht wurde. Danach erfuhr die optische Dichte einen starken Abfall und anschließend eine sehr leichte Steigung.

Die Ammoniumkonzentration die am Anfang noch gestiegen war, sank um den vierten Versuchstag herum steil ab, wobei zur gleichen Zeit auch die Verdünnungsstufe bei der Ammoniumbestimmung um eins verringert wurde. Danach sank die Ammoniumkonzentration langsam ab um gegen Ende der Versuche noch einmal stärker anzusteigen.

Die Nitratkonzentration, am Anfang noch Null, stieg zuerst mit der Steigung der Ammoniumkonzentration stark an, doch nach dem abrupten Abfall der Ammoniumkonzentration verringerte sich die Steigung der Nitratkonzentration stark und verringerte sich noch einmal, als die Ammoniumkonzentration ein Minimum erreichte.

Die Nitratkonzentration stieg zuerst mit der Steigung der optischen Dichte stark an, dann verringerte sich die Steigung der Nitratkonzentration stark und verringerte sich noch einmal, als die optische Dichte wieder sank.

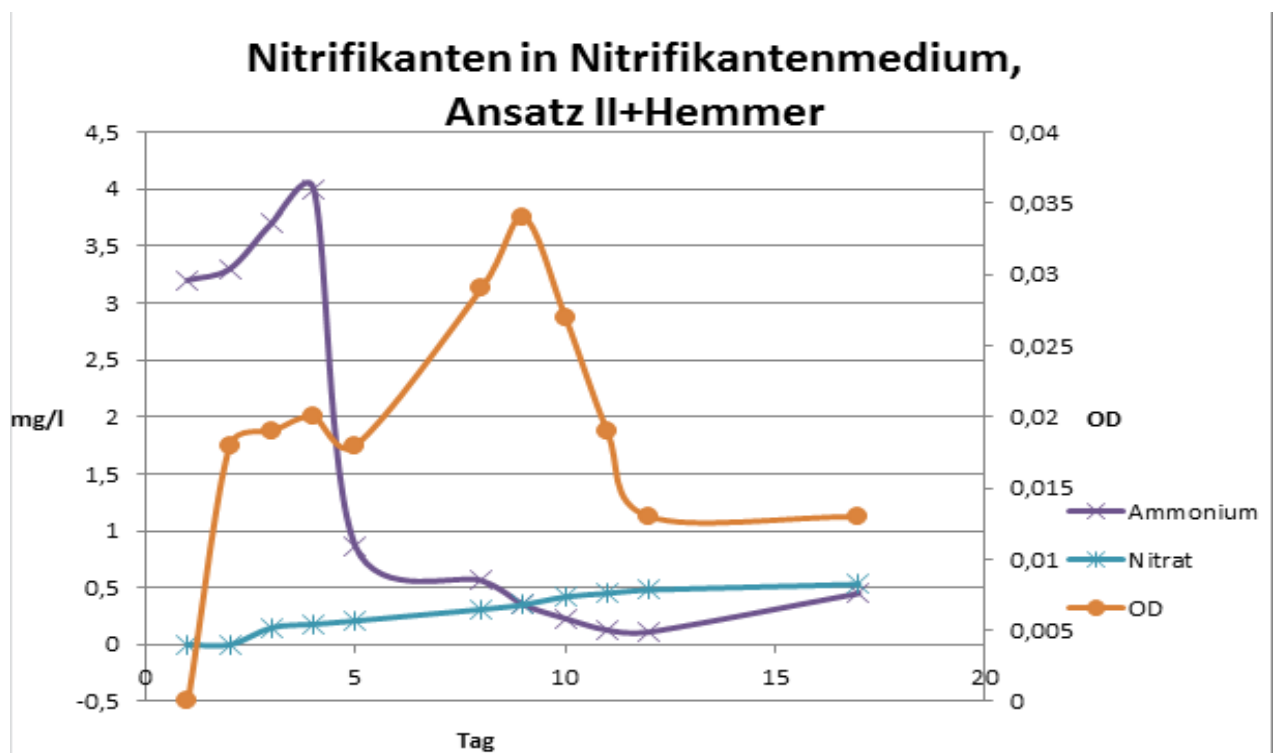


Abbildung 27 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen. Die Messungen an Phosphat, die hier durchgeführt wurden, kamen zu keinem Ergebnis, da die Phosphatkonzentrationen zu hoch waren um photometrisch mit der beschriebenen Methode festzustellen.

Die optische Dichte, welche im Laufe der Versuche kaum zunahm, stieg am Anfang stark an, dann weniger stark und sackte dann leichte ab und stieg noch einmal stark bis

ein Maximum erreicht wurde. Danach erfuhr die optische Dichte einen starken Abfall und anschließend eine sehr leichte Steigung.

Die Ammoniumkonzentration die am Anfang noch gestiegen war, sank um den vierten Versuchstag herum steil ab, wobei zur gleichen Zeit auch die Verdünnungsstufe bei der Ammoniumbestimmung um eins verringert wurde. Danach stagnierte die Ammoniumkonzentration und sank langsam ab um gegen Ende der Versuche noch einmal leicht anzusteigen.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch bei null, stieg kurz nachdem auch die Ammoniumkonzentration gestiegen war steil an. Nach dem abrupten Abfall der Ammoniumkonzentration stieg zeitgleich auch die Nitratkonzentration, wenn auch nicht so steil wie vorher. Die Steilheit des Anstiegs der Nitratkonzentration verringerte sich nach dem Abfall der Ammoniumkonzentration auf einen Wert nahe null.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch bei null, stieg kurz nachdem auch die optische Dichte gestiegen war steil an. Nach dem abrupten Abflachen des Wachstums der optischen Dichte stieg zeitgleich auch die Nitratkonzentration, wenn auch nicht so steil wie vorher. Die Steilheit des Anstiegs der Nitratkonzentration verringerte sich nach dem Abfall der optischen Dichte wieder.

5.2.2 Nitrifikantenstammlösung in IbcI-Medium

Die Nitrifikantenstammlösung wurde hergestellt, in dem die Nitrifikanten aus 20 ml einer Belebtschlammprobe der Kläranlage in 200 ml IbcI-Medium über zwei Wochen lang bei 30-35°C Raumtemperatur abgedeckt unter ständigem Rühren angereichert wurden.

Bei diesen Versuchen wurden 200ml Nitrifikantenmedium 10ml der Nitrifikantenstammlösung zugegeben. Der Hemmstoff, ein Hemmer von Aqualytic, wurde in einer Dosis von 5 Tropfen aus der vorhandenen Tropfflasche zugegeben.

Nitrifikanten in IbcI-Medium, steril

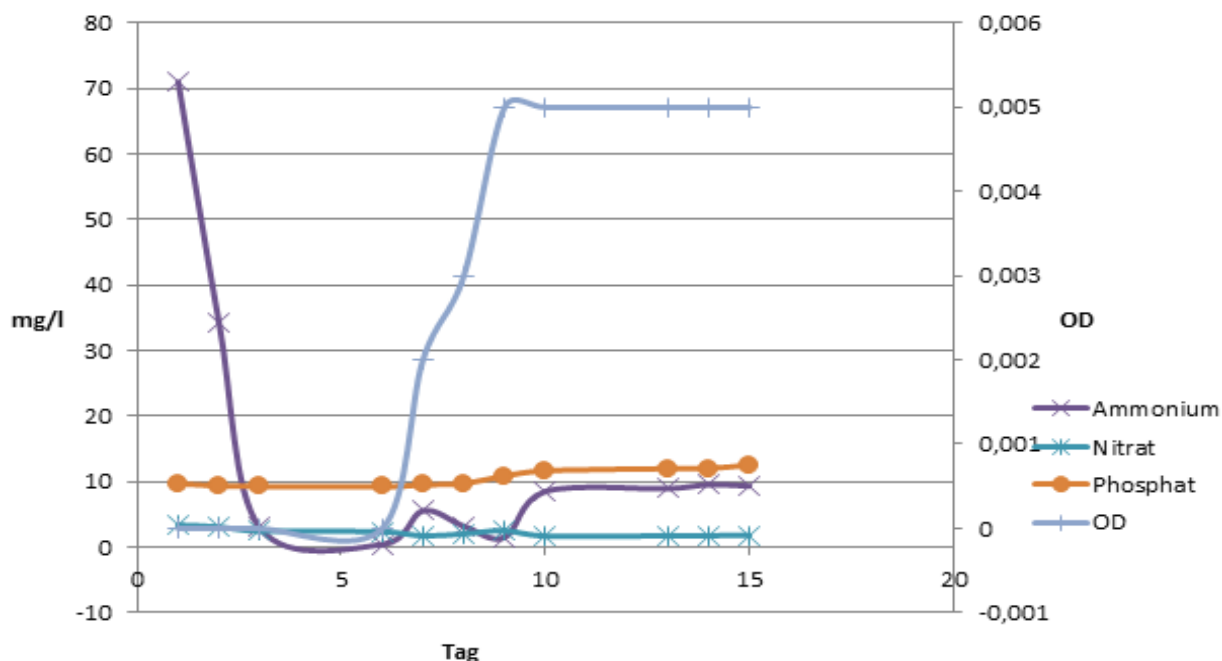


Abbildung 28 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Ammonium und Phosphat, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, welche innerhalb des Versuchszeitraums kaum anstieg, blieb die ersten sechs Versuchstage konstant niedrig um danach stark anzusteigen. Bis zum Ende der Versuchstage blieb die optische Dichte dann auch konstant.

Die Nitratkonzentration begann nach Beginn der Versuche erst schwach, danach stärker abzusinken. Etwa ab den dritten Versuchstag blieb die Konzentration konstant um ab dem sechsten Tag wieder steil zu sinken. Danach folgten ein steiler Anstieg und ein ebenso steiler Abfall. Danach stieg die Nitratkonzentration nur noch minimal.

Die Phosphatkonzentration, welche am Anfang nur leicht absank, stieg etwa ab dem zehnten Versuchstag stärker an um dann eine Weile bei dieser Konzentration zu bleiben und am Schluss noch einmal leicht anzusteigen.

Die Ammoniumkonzentration, anfangs noch sehr hoch, sank bereits kurz nach Beginn der Versuche stark ab bis ein Wert nahe Null erreicht wurde. Etwa am siebten Tag war

eine kleine Steigung zu verzeichnen, welche von einem leichten Abfall und einer weiteren leichten Steigung gefolgt wurde. Daraufhin blieb die Ammoniumkonzentration bis zum Ende der Versuche nahezu konstant.

Nitrifikanten in IbcI-Medium, steril+Hemmer

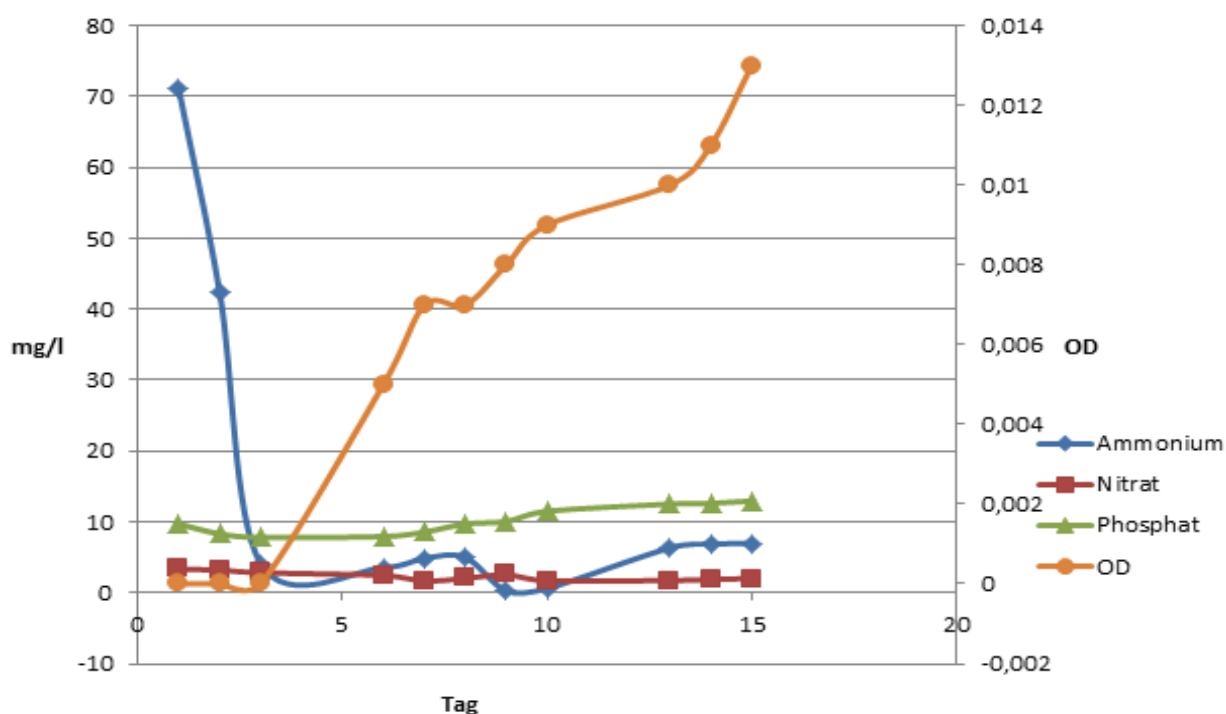


Abbildung 29 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Ammonium und Phosphat, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, welche Anfang noch kaum vorhanden war, stieg etwa zwei Tage nach Versuchsbeginn stark an, erfuhr dann eine kurze Stagnation um danach weiter zu steigen. Danach stieg die optische Dichte nicht mehr so stark, um dann etwa ab dem dreizehnten Tag wieder stärker anzusteigen.

Die Nitratkonzentration begann nach Beginn der Versuche erst schwach, danach stärker abzusinken. Etwa ab den dritten Versuchstag sank die Konzentration weiter leicht um ab dem sechsten Tag wieder steil zu sinken. Danach folgten ein steiler Anstieg und ein ebenso steiler Abfall. Danach stieg die Nitratkonzentration nur noch minimal.

Die Phosphatkonzentration sank gleich nach Beginn der Versuche stark ab um danach eine Weile bei derselben Konzentration zu bleiben. Etwa ab dem siebten Tag stieg die Konzentration an Phosphat wieder stärker an um gegen den zehnten Tag zu stagnieren. Danach folgte ein starker Anstieg der dann von einem flacheren Anstieg gefolgt wurde.

Die Ammoniumkonzentration, anfangs noch sehr hoch, sank bereits kurz nach Beginn der Versuche stark ab bis ein Wert nahe Null erreicht wurde. Etwa am siebten Tag war eine kleine Steigung zu verzeichnen, welche von einem leichten Abfall und einer weiteren leichten Steigung gefolgt wurde. Daraufhin blieb die Ammoniumkonzentration bis zum Ende der versuche nahezu konstant.

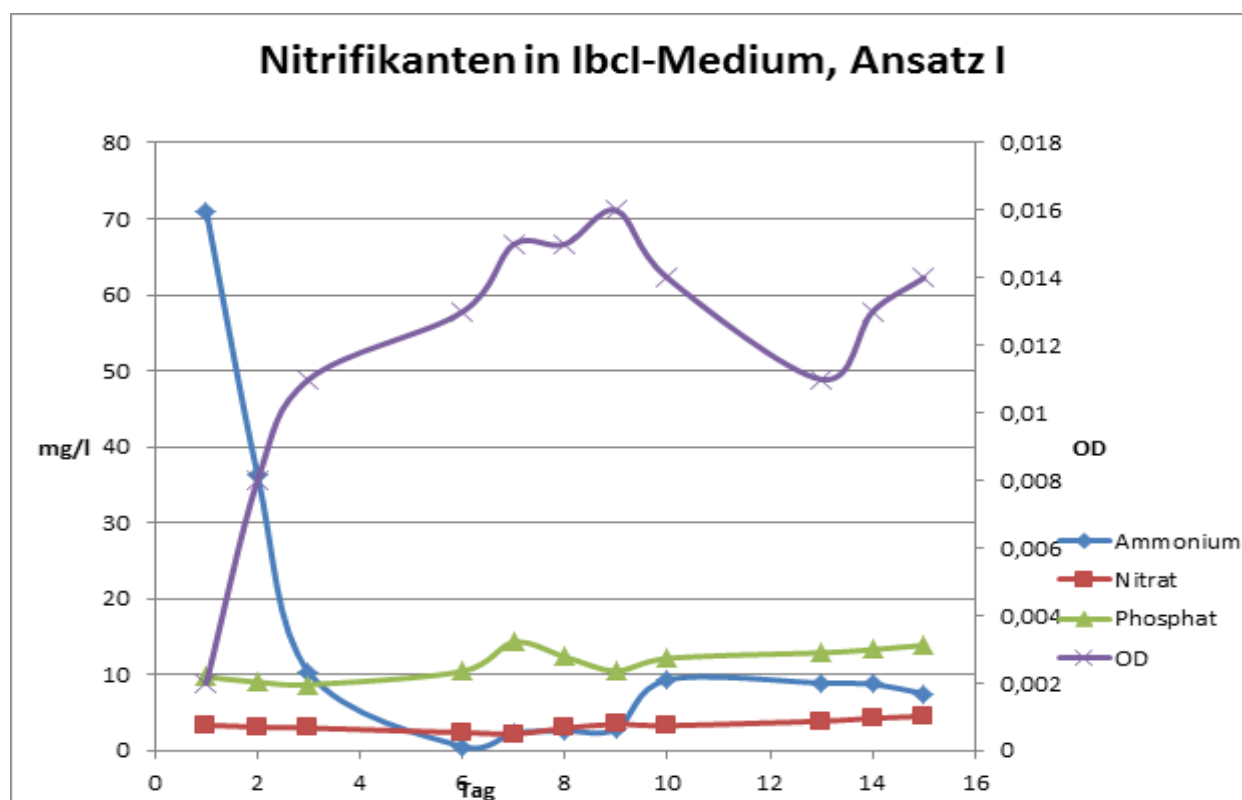


Abbildung 30 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Ammonium und Phosphat, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs noch sehr gering stieg bei Beginn der Versuche stark an, ab dem dritten Tag verlangsamte sich das Wachstum. Am achten Tag war ein stärkeres Wachstum zu verzeichnen, danach blieb die OD eine Weile konstant um dann am zehnten Tag wieder zu steigen und danach wieder bis zum dreizehnten Tag wieder zu fallen. Ab da stieg die optische Dichte wieder an.

Anfangs sank die Nitratkonzentration noch steil ab um danach gegen den sechsten Tag wieder steil zu steigen, danach folgten ein leichter Abstieg und danach wieder ein leichter Anstieg.

Die Phosphatkonzentration sank anfangs leicht um dann etwa am dritten Tag wieder zu steigen. Etwa am sechsten Tag kam es dann zum einem starken Anstieg der von einem ebenso starken Abstieg gefolgt wurde. Dem schloss sich dann ein ebenso steiler aber weniger starker Anstieg an der dann anschließend von einem weniger starken und weniger steilen Anstieg gefolgt wurde.

Die Ammoniumkonzentration, am Anfang noch sehr hoch sank bald nach Beginn der Versuche stark ab um nach dem Erreichen eines Minimums wieder leicht zu steigen und dann eine Weile bei dieser Konzentration zu verweilen und gegen Ende wieder zu sinken.

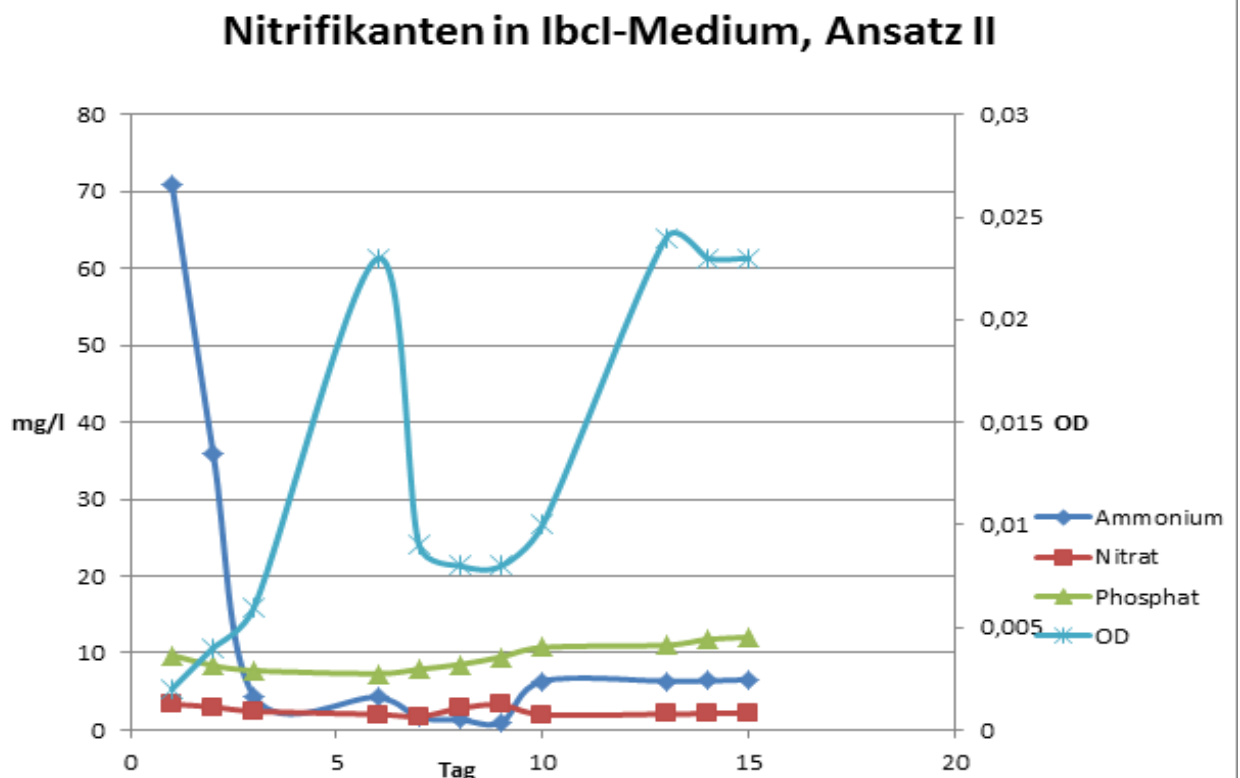


Abbildung 31 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Ammonium und Phosphat, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs noch sehr gering, stieg bereits ab dem dritten Versuchstag stark an und stieg dann bis zum sechsten Tag steil weiter. Danach folgte ein steiler Abfall. Danach blieb die optische Dichte eine Weile konstant um anschließend wieder stark zu steigen. Es folgt einer minimalen Abfall und die Stagnation der optischen Dichte.

Die Nitratkonzentration, die anfangs noch schwächer abfiel, begann danach mit einem stärkeren Abfall um dann den Abfall wieder schwächer weiter zu führen. Am sechsten Tag fand ein sehr steiler Abfall statt, aber kurze Zeit später kam es zu einem ebenso steilen, starken Anstieg. Danach fiel die Nitratkonzentration wieder ab um anschließend wieder ein leichtes Wachstum zu erfahren.

Die Phosphatkonzentration, begann anfangs noch bis etwa zum sechsten Tag zu sinken, danach folgte bis zum zehnten Tag ein leichter Anstieg worauf sich eine Stagnation anschloss. Gegen Ende steigt die Konzentration dann noch einmal.

Die Ammoniumkonzentration, am Anfang noch sehr hoch sank bald nach Beginn der Versuche stark ab um nach dem Erreichen eines Minimums wieder leicht zu steigen und wieder leicht zu fallen und dann eine Weile bei dieser Konzentration zu verweilen. Etwa am neunten Versuchstag kam es wieder zu einer Steigerung der Ammoniumkonzentration, danach stagnierte sie wieder.

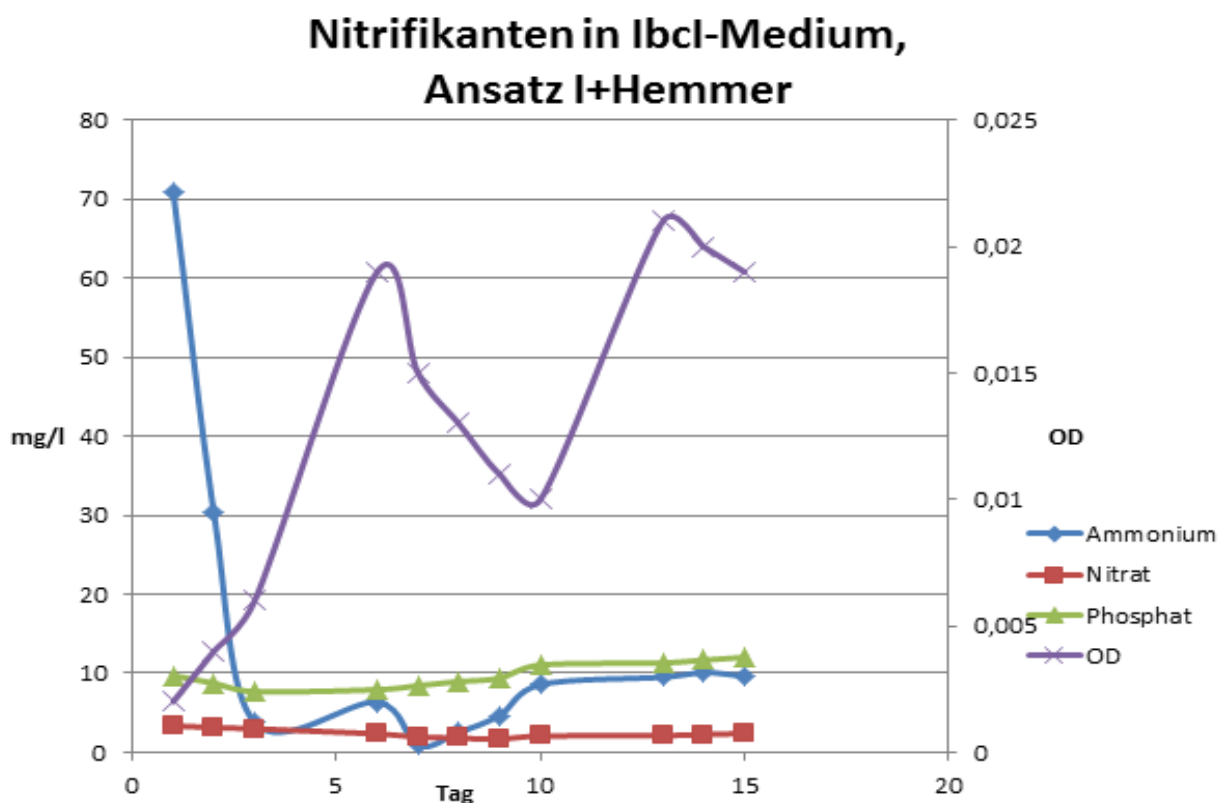


Abbildung 32 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Ammonium und Phosphat, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dicht, anfangs noch sehr gering, stieg bereits ab dem dritten Versuchstag stark an und stieg dann bis zum sechsten Tag steil weiter. Danach folgte ein steiler Abfall. Danach begann die optische Dichte wieder stark zu steigen und etwa ab dem dreizehnten Tag wieder zu fallen.

Die anfangs noch relativ hohe Nitratkonzentration sank nach Beginn der Versuchstage etwa bis zum zehnten Versuchstag konsequent ab um danach ein kurzes steiles Wachstum zu erfahren. Dann stagnierte die Konzentration eine Weile um danach wieder leicht zu steigen.

Die Phosphatkonzentration begann anfangs bis zum dritten Tag leicht zu sinken um sich danach kaum zu verändern. Etwa ab dem sechsten Versuchstag stieg die Konzentration etwa bis zum neunten Versuchstag leicht an, danach stieg die Konzentration wieder stärker an. Daraufhin blieb die Konzentration nahezu gleich um danach wieder eine leichte Steigung zu erfahren.

Die Ammoniumkonzentration, am Anfang noch sehr hoch sank bald nach Beginn der Versuche stark ab um nach dem Erreichen eines Minimums wieder leicht zu steigen. Etwa am siebten Versuchstag kam es wieder zu einer Steigerung der Ammoniumkonzentration, danach stagnierte sie wieder.

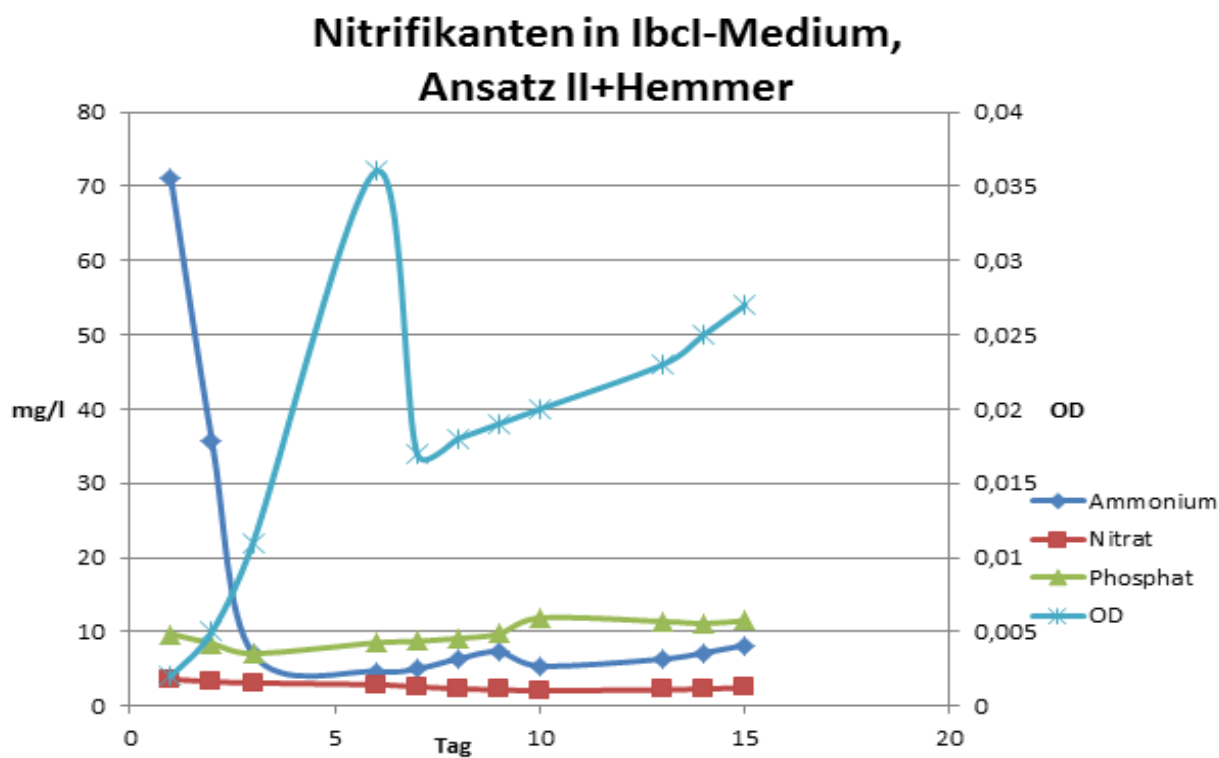


Abbildung 33 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Ammonium und Phosphat, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte anfangs noch sehr niedrig stieg bald nach Versuchsbeginn stark an um etwa gegen den fünften Tag ein Maximum zu erreichen, danach sank die OD wieder stark um danach wieder langsamer zu steigen.

Die Am Anfang der Versuche noch relativ hohe Nitratkonzentration sank erst steiler, danach weniger stark ab. Ab dem fünften Versuchstag war wieder ein steilerer Abfall der Konzentration zu beobachten und erst etwa ab dem elften Versuchstag stieg die Konzentration wieder leicht an.

Die Konzentration an Phosphat sank am Beginn der Versuche leicht ab, etwa bis zum dritten Versuchstag, und stieg danach wieder leicht bis etwa zum zehnten Versuchstag, wo die Konzentration dann eine steilere Steigung erfuhr. Anschließend fiel die Konzentration wieder leicht um dann gegen Ende der Versuche noch einmal zu steigen. Die Ammoniumkonzentration anfangs noch sehr hoch sank gleich zu Beginn der Versuche stark ab und blieb dann eine Weile konstant niedrig. Es folgten ein leichter Anstieg und wieder ein leichter Abfall, worauf sich ein sehr leichter Anstieg anschloss.

5.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium

Die IbcI-Biozönose kommt aus einer Probe des Pilotreaktor IbcI, dem die Nitrifikantenstammlösung vier Wochen vor Probenahme zugefügt wurde.

Die Nitrifikantenstammlösung wurde hergestellt, in dem die Nitrifikanten aus 1l einer Belebtschlammprobe der Kläranlage in 10 l Nitrifikantenmedium-Medium über vier Wochen lang bei 30-35°C Raumtemperatur abgedeckt unter ständigem Rühren angereichert wurden.

Ein Trennstrich in einigen der Diagramme gibt an, dass ab dieser Messung ein anderes Photometer benutzt wurde, da das vorher benutzte seine Funktion einstellte.

Bei diesen Versuchen wurden 200ml IbcI-Medium 10ml der IbcI-Biozönose zugegeben. Der Hemmstoff, N-Allylthioharnstoff, wurde in einer Dosis von 1 ml zugegeben.

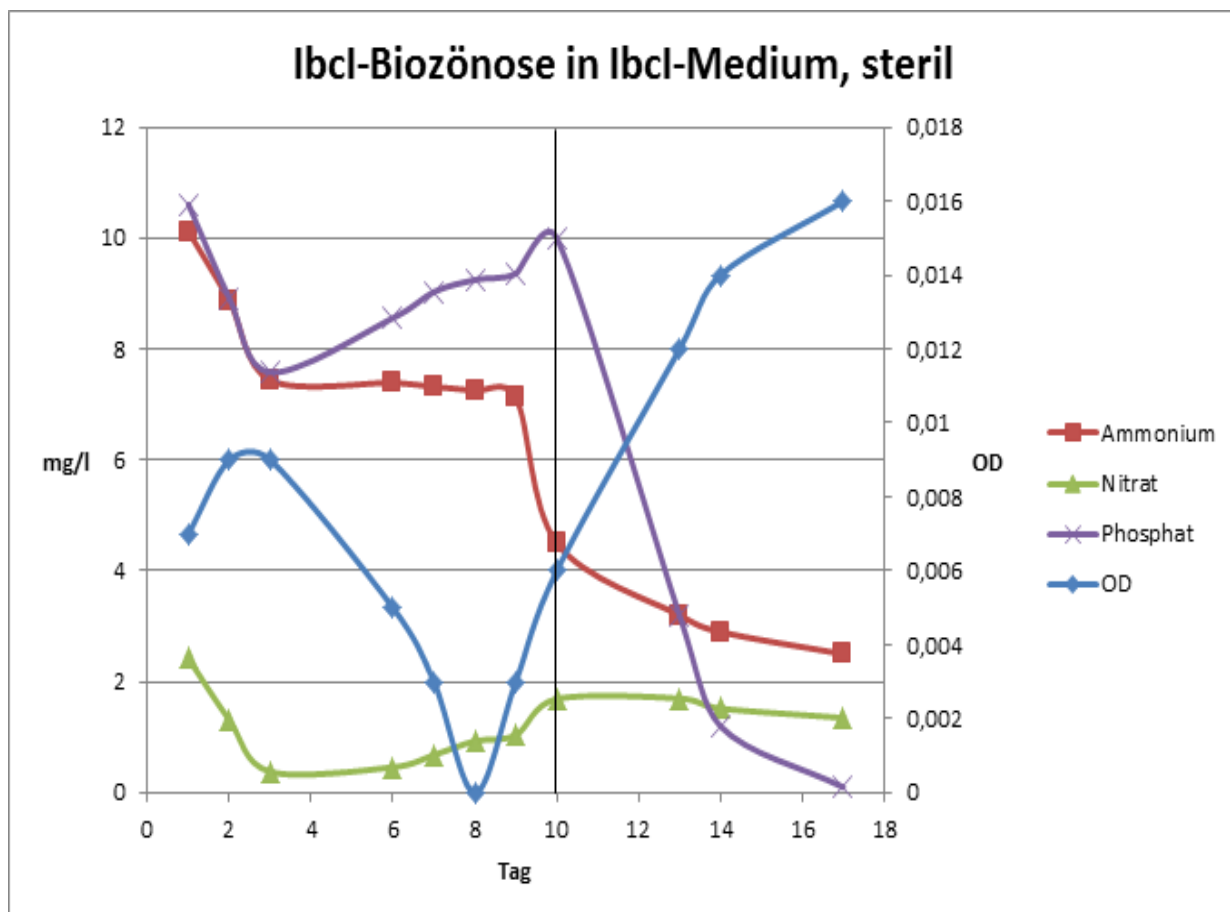


Abbildung 34 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Sterilansatz, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Phosphat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Dabei ist zu sehen, dass die optische Dichte nach Beginn der Versuche zu steigen beginnt um danach stark zu fallen bis sie am achten Tag wieder bei null ankommt. Danach erfuh die optische Dichte einen starken Anstieg der sich erst gegen den vierzehnten Versuchstag verlangsamt.

Die Konzentration an Ammonium, anfangs noch sehr hoch begann gleich nach dem ersten Versuchstag steil zu sinken bis etwa beim dritten Versuchstag eine Stagnation eintrat. Die Konzentration an Ammonium blieb dann etwa bis zum zehnten Versuchstag konstant, danach viel sie weiter ab.

Die Nitratkonzentration, welche am Anfang der Versuche noch etwa bis zum dritten Tag sank begann danach wieder leicht zu steigen, wobei der Anstieg nach dem sechsten Tag stärker wurde. Am neunten Tag kam es zu einem kurzen steileren Anstieg der von einer Stagnation gefolgt wurde. Gegen Ende der Versuche war dann ein sehr geringer Abfall zu verzeichnen.

Die Phosphatkonzentration begann gleich am Anfang der Versuche zu steil sinken um dann etwa ab dem dritten Versuchstag wieder leicht zu steigen. Am neunten Versuchstag kam es zu einem kurzen steilen Anstieg der dann von einem ebenso steilen stärkeren Abfall gefolgt wurde, der erst gegen den vierzehnten Versuchstag weniger steil wurde.

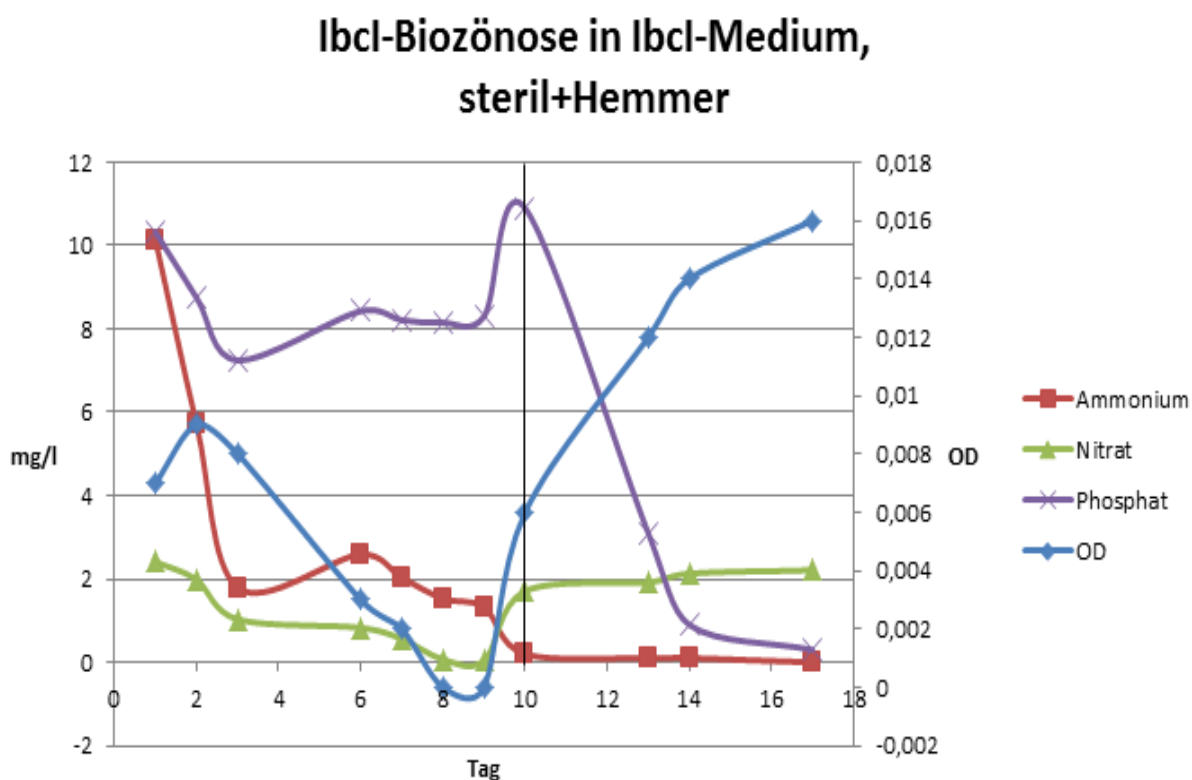


Abbildung 35 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Phosphat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dicht steigerte sich gleich nach Beginn der Versuche um etwa nach dem dritten Tag wieder zu sinken bis dann etwa am neunten Tag ein Minimum erreicht wurde. Danach stieg die optische Dichte wieder stark an, nur gegen Ende der Versuche verlangsamte sich das Wachstum.

Die Konzentration an Ammonium, anfangs noch sehr hoch, begann sofort nach Beginn der Versuche bis zum dritten Tag stark zu sinken. Von da an stieg die Konzentration wieder an um ab dem sechsten Tag wieder zu sinken. Vom siebten zum achten Tag stagnierte die Konzentration dann noch eine Weile um dann bis zum zehnten Tag weiter bis auf einen Nullpunkt zu sinken. Dort stagnierte die Konzentration eine Weile.

Die Phosphatkonzentration begann gleich nach Beginn der Versuche zu sinken um dann gegen den dritten Tag wieder zu sinken. Ab dem sechsten Tag folgte dann wieder ein leichter Abfall. Vom neunten zum zehnten Tag, als das neue Photometer genutzt wurde, kam es zu einem steilen Anstieg der Phosphatkonzentration um dann bis zum vierzehnten Tag wieder stark zu fallen. Dieser Abfall der Konzentration verlangsamte sich danach wieder.

Die Nitratkonzentration sank am Beginn der Versuche bis etwa zum dritten Tag ab, und blieb dann eine Weile gleich um dann gegen den siebten Tag wieder zu sinken und den Nullpunkt zu erreichen. Erst gegen den neunten Tag begann die Konzentration wieder zu steigen. Folgend wurde eine schwächere Steigung von einer stärkeren und wieder schwächeren Steigung abgelöst.

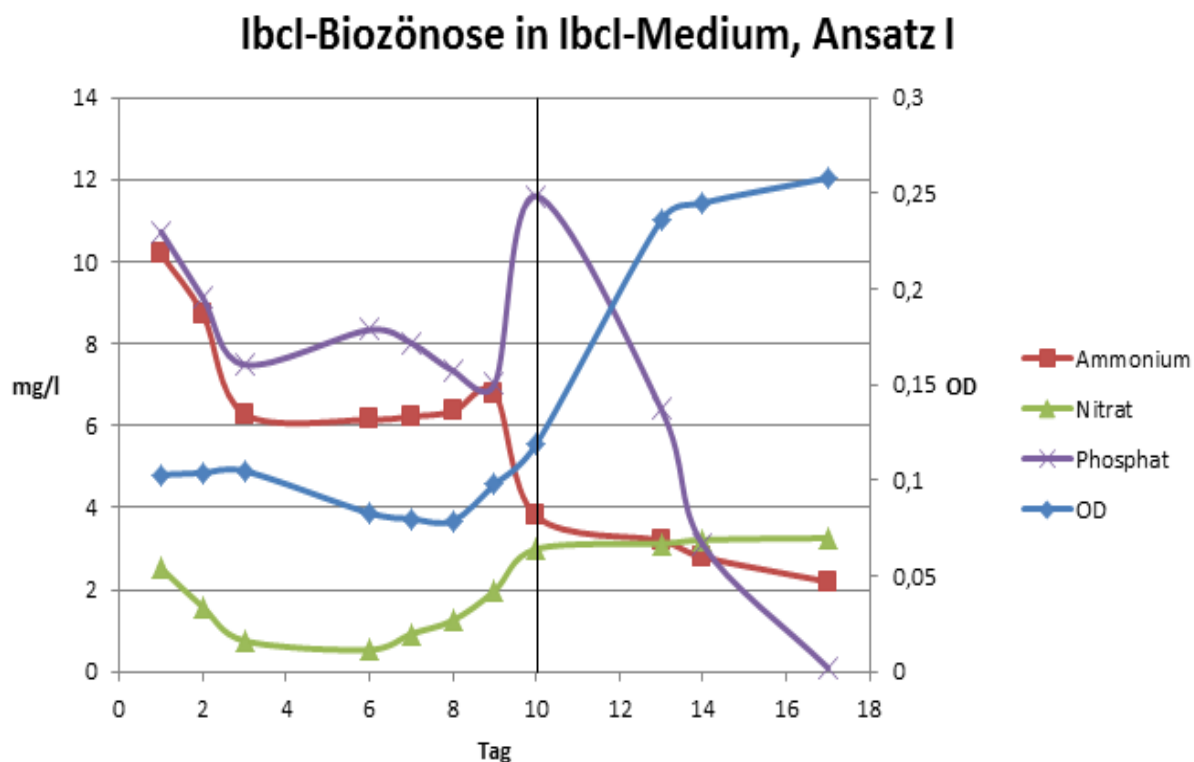


Abbildung 36 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz I, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Phosphat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, am Anfang schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, erfuhr nach Beginn der Versuche bis zum dritten Tag nur einen minimalen Anstieg, danach folgte ein leichter Abfall der Konzentration bis etwa zum achten Tag, ab dem wieder ein steiler Anstieg zu verzeichnen war. Ab dem dreizehnten Tag verlangsamte sich dieses Wachstum dann.

Die Ammoniumkonzentration, am Anfang noch sehr hoch, sank gleich nach Beginn der Versuche bis zum dritten Tag ab. Ab da blieb die Konzentration bis zum achten Versuchstag gleich um dann eine kleine Steigung zu erfahren. Danach sank die Konzentration erst sehr steil und danach weniger steil bis zum Ende der Versuche weiter.

Die Phosphatkonzentration sank bereits zu Beginn der Versuche bis zum dritten Tag um dann bis zum sechsten Tag einen Abstieg einen Anstieg zu verzeichnen. Danach sank

die Konzentration wieder ab um dann vom neunten auf den zehnten Tag wieder stark zu steigen. Ab da sank die Konzentration an Phosphat wieder stark und steil ab.

Die Nitratkonzentration, die am Anfang bis etwa dritten Tag stark und bis zum fünften Tag schwach sank, begann gegen den sechsten Tag wieder zu steigen. Dieser Anstieg setzte sich bis zum zehnten Tag fort um anschließend in eine sehr leichte Steigung über zu gehen.

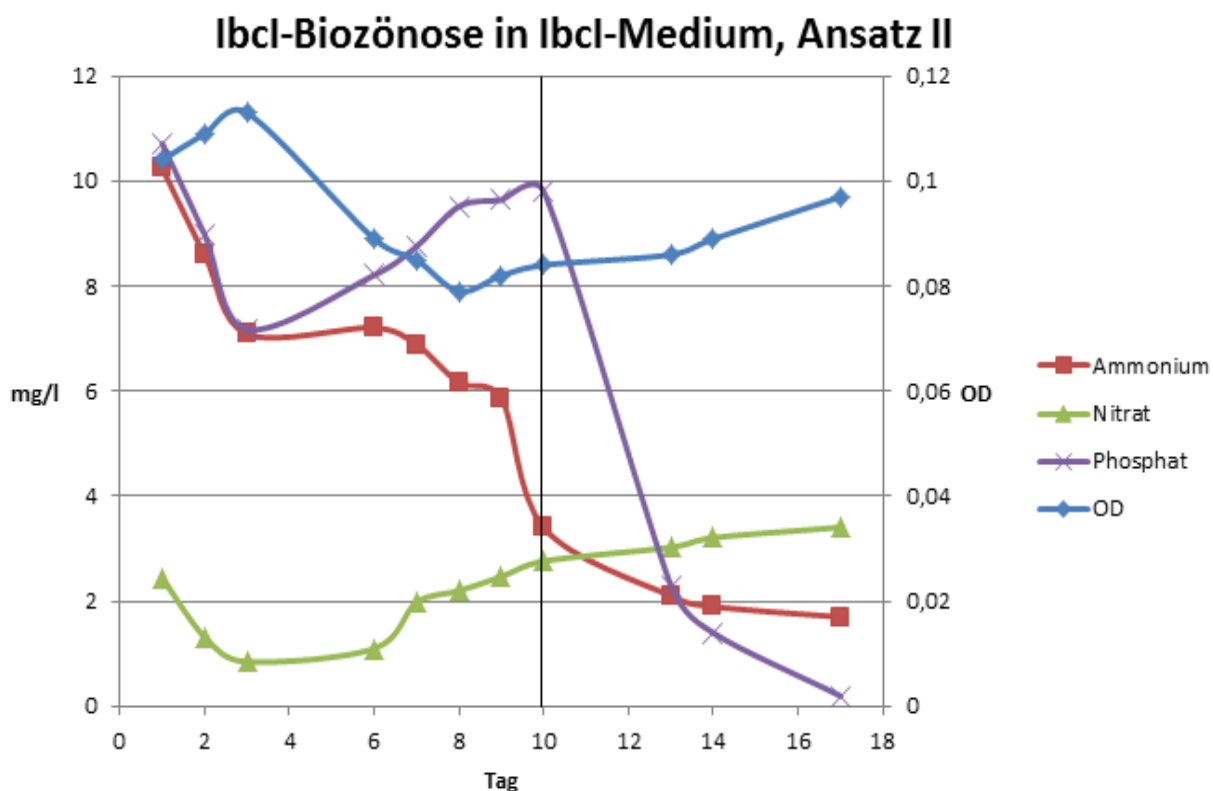


Abbildung 37 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz II, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Phosphat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die Ammoniumkonzentration, anfangs noch hoch, sank bereits ab Beginn der Versuche bis etwa zum dritten Tag ab, blieb dann eine Weile konstant und sank dann weiter ab. Vom neunten zum zehnten Tag kam es zu einem steileren Abstieg, danach sank die Konzentration allerdings weiter ab, allerdings nicht mehr so steil.

Die Phosphatkonzentration, welche am Anfang bis zum dritten Tag noch abfiel, stieg danach bis zum zehnten Tag wieder an, wobei fast die Anfangskonzentration wieder erreicht wurde. Danach fiel die Konzentration wieder steil ab, wobei sich der Abstieg ab dem dreizehnten Tag weniger steil gestaltete.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der IbcI-Probe erhöht, begann nach dem Beginn der Versuche bis etwa zum dritten Tag leicht zu steigen und fiel danach bis zum achten Tag stark ab um dann bis zum Ende der Versuche wieder leicht zu steigen.

Die Nitratkonzentration, die am Anfang bis etwa zum dritten Tag sank, begann danach wieder zu steigen, zuerst nur schwach. Am sechsten Tag wurde der Anstieg dann steiler. Ab dem siebten Tag verlangsamte sich der Anstieg wieder und setzte sich bis zum Ende der Versuche fort.

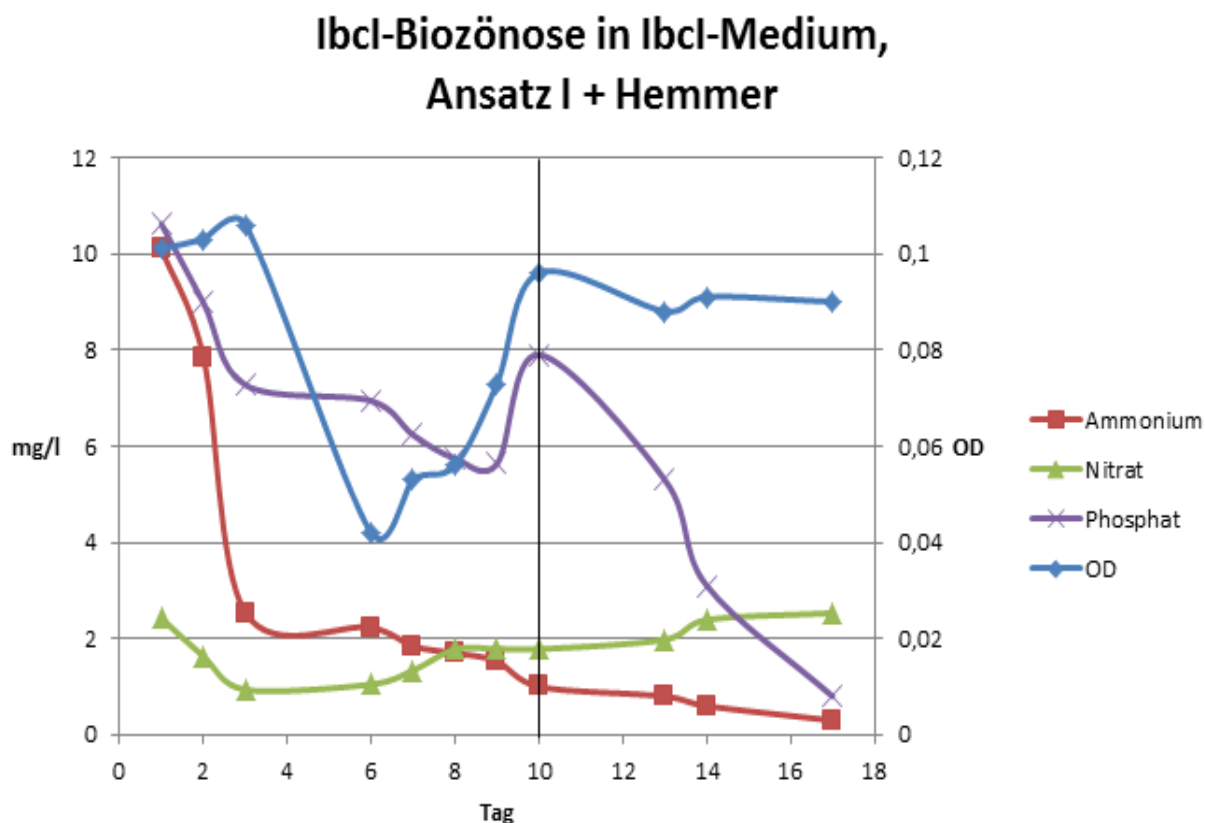


Abbildung 38 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Phosphat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der IbcI-Probe erhöht, stieg nach Beginn der Versuche leicht an um dann nach dem dritten Versuchstag steil zu sinken. Gefolgt wurde dies von einem leichten, steilen Anstieg, einer kurzen Stagnation, und einem ebenso steilen Anstieg wie zuvor. Ab dem zehnten Tag kam es zu einem leichten Abstieg, welcher von einem sehr geringen Auf- und wieder folgendem Abstieg gefolgt wurde.

Die Ammoniumkonzentration, am Anfang schon erhöht durch die Eigentrübung der IbcI-Probe, sank bereits nach Beginn der Versuche bis etwa zum dritten Versuchstag und blieb dann eine Weile konstant und sank danach langsam bis zum Ende des Versuches weiter.

Die Phosphatkonzentration, welche am Anfang bis zum dritten Tag noch steil sank, sank nach einer kurzen Stagnation langsam bis etwa zum neunten Tag um dann erst steil und kurz anzusteigen und schließlich stark und steil abzufallen.

Die Nitratkonzentration, welche am Anfang noch bis zum dritten Tag sank, stieg etwa bis zum achten Versuchstag an um dann eine Weile konstant zu bleiben und dann am zehnten Tag zu steigen, und am dreizehnten einer stärkeren Steigung ausgesetzt zu sein. Danach stieg die Konzentration bis zum Ende der Versuche nur noch sehr leicht.

Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Ansatz II + Hemmer

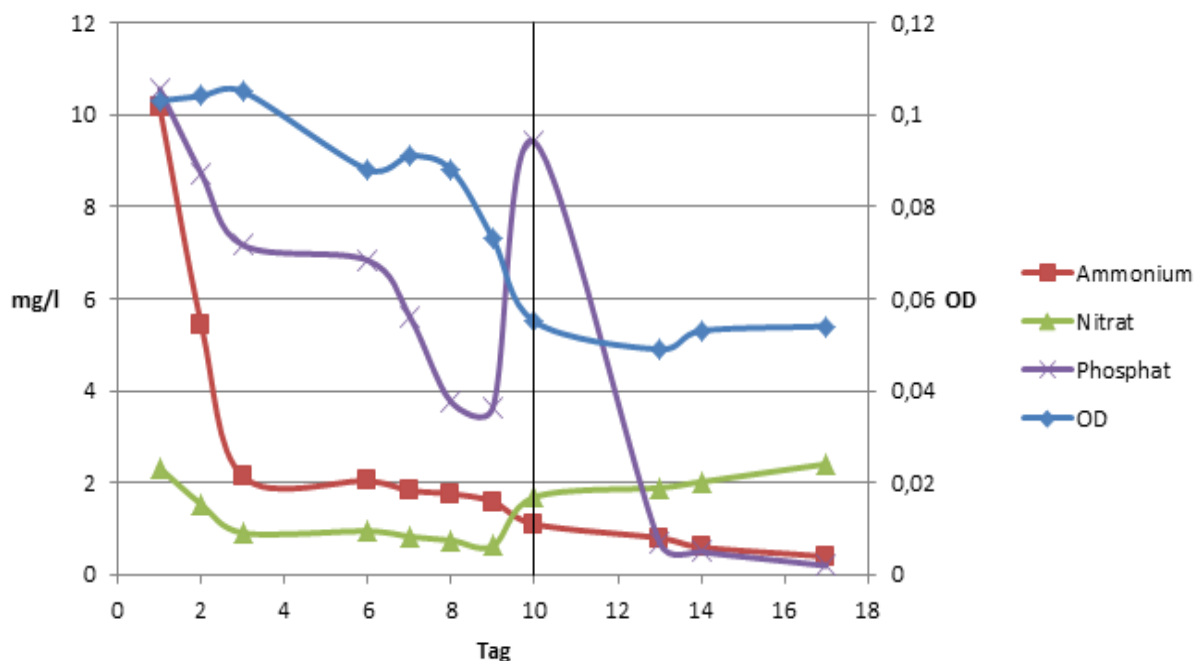


Abbildung 39 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Nitrat, Phosphat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, stieg am Anfang der Versuche bis zum dritten Tag sehr leicht an um danach zu fallen und am sechsten Tag einer leichten Steigung ausgesetzt zu sein. Danach sank die OD wieder, erst stärker, bis etwa zum zehnten Versuchstag, dann schwächer bis am dreizehnten Tag eine kleine Steigung und schlussendlich die Stagnation zu beobachten war.

Die Ammoniumkonzentration, anfangs noch hoch, sank gleich zu Beginn der Versuche bis zum dritten Tag steil ab. Danach folgte eine kurze Zeit der Stagnation und dann eine sehr geringe Senkung die sich bis zum Ende der Versuche fortsetzte.

Die Nitratkonzentration sank nach Beginn der Versuche ab um danach eine Weile zu stagnieren und leicht zu fallen und erst am neunten Tag wieder steil zu steigen. Dieser

Steigung schloss sich eine flache leichte Steigung an die bis zum Ende der Versuche anhielt.

Die Phosphatkonzentration, am Anfang noch hoch, sank zu Beginn der Versuche bis zum dritten Versuchstag stark ab. Danach blieb die Konzentration eine Weile konstant um danach bis zum neunten Tag wieder steil zu sinken. Vom neunten zum zehnten Tag erfuhr die Phosphatkonzentration eine sehr starke, steile Steigung, und sank danach wieder genauso steil bis zum dreizehnten Tag. Danach blieb die Konzentration nahezu konstant.

5.2.4 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium

Die IbcI-Biozönose kommt aus einer Probe des Pilotreaktor IbcI, dem die Nitrifikantenstammlösung vier Wochen vor Probenahme zugefügt wurde.

Die Nitrifikantenstammlösung wurde hergestellt, in dem die Nitrifikanten aus 1l einer Belebtschlammprobe der Kläranlage in 10 l Nitrifikantenmedium-Medium über vier Wochen lang bei 30-35°C Raumtemperatur abgedeckt unter ständigem Rühren angereichert wurden.

Ein Trennstrich in einigen der Diagramme gibt an, dass ab dieser Messung ein anderes Photometer benutzt wurde, da das vorher benutzte seine Funktion einstellte.

Bei diesen Versuchen wurden 200ml IbcI-Medium, 10 ml Saccharose-lösung-2 und 10ml der IbcI-Biozönose zugegeben. Der Hemmstoff, N-Allylthioharnstoff, wurde in einer Dosis von 1 ml zugegeben.

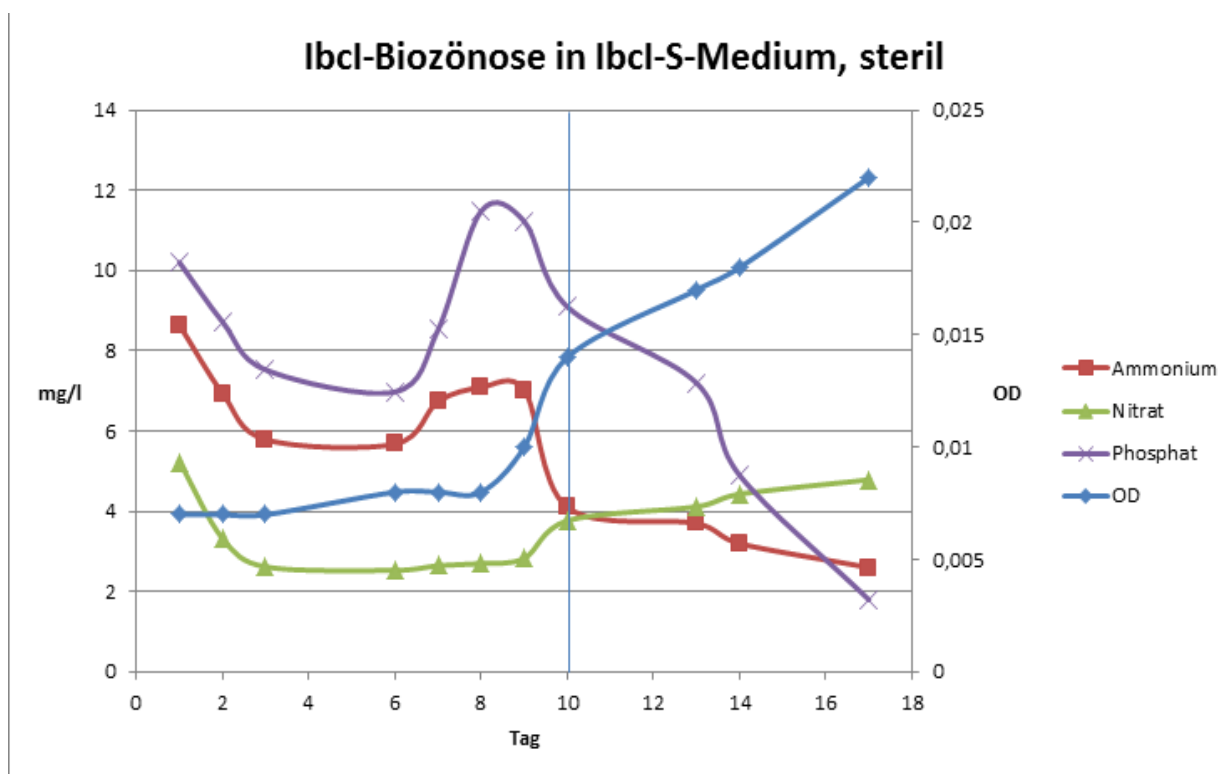


Abbildung 40 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Sterilansatz, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte blieb anfangs noch relativ konstant um dann ab dem dritten Tag leicht zusteigen. Am neunten Tag wurde sie steiler und verringerte sich wieder gegen den zehnten. Gegen den vierzehnten Tag wurde die Steigung wieder etwas stärker.

Die Nitratkonzentration sank anfangs noch sinkend, blieb etwa vom dritten bis zum sechsten Tag konstant um danach langsam zu steigen. Vom neunten zum zehnten Tag stieg die Konzentration steiler um danach weniger steiler weiter zu steigen.

Die Phosphatkonzentration die bis zum dritten Tag steiler und bis zum sechsten Tag weniger steil sank begann ab dem siebten Tag wieder zu steil steigen um danach ebenso steil wieder zu fallen. Vom zehnten bis zum dreizehnten Tag fiel sie weniger steil um dann für einen kurzen Zeitraum etwas steiler zu fallen. Gefolgt wurde dies von einer weiteren Senkung, diesmal wieder weniger steil.

Die Ammoniumkonzentration, anfangs noch hoch, begann gleich nach Beginn der Versuche bis etwa zum dritten Tag steil zu sinken, blieb dann eine Weile gleich um danach bis zum neunten Tag wieder zu steigen. Zum zehnten Tag kam es zu einem steilen Abstieg der dann in einen schwächeren Abstieg überging. Vom dritten zum vierzehnten Tag wurde der Abfall steiler um danach wieder abzuflachen.

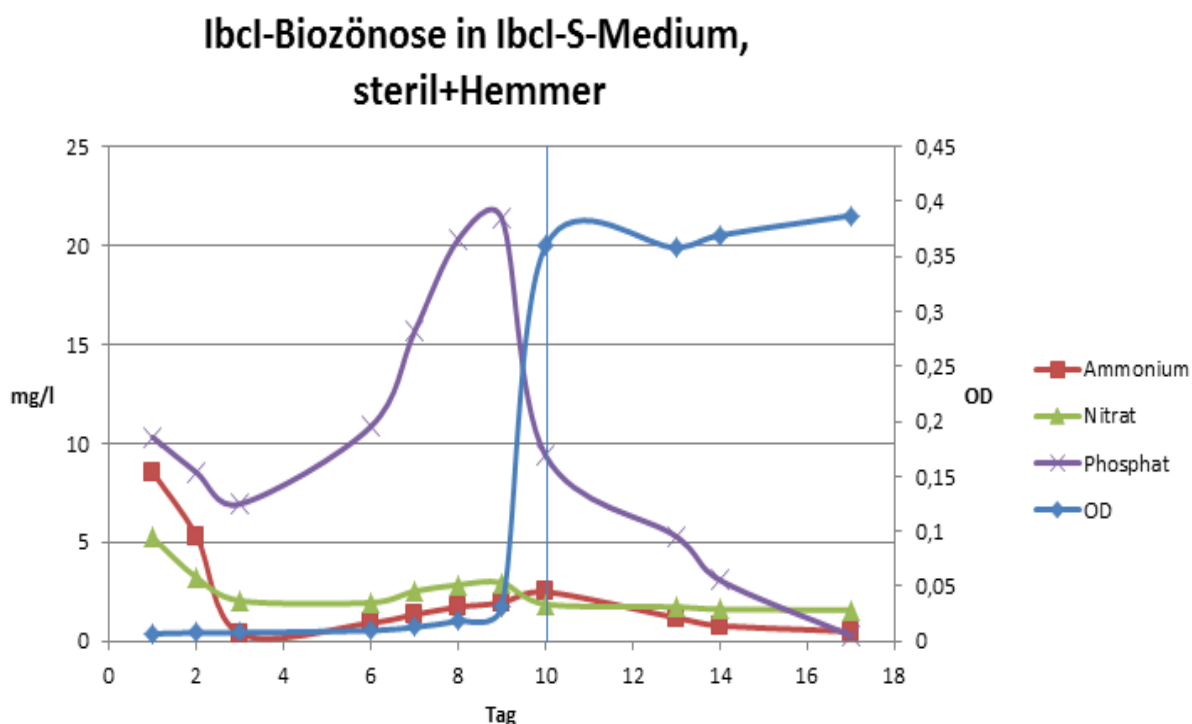


Abbildung 41 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, welche anfangs noch sehr niedrig war und das konstant auch bis zum sechsten Tag blieb, begann danach schwach und dann ab dem neunten Tag stark zu steigen um dann einige Zeit konstant zu bleiben. Ab dem dreizehnten Tag begann die optische Dichte wieder leicht zu steigen.

Die Phosphatkonzentration, welche anfangs noch stark fiel, begann ab dem dritten Tag wieder stark zu steigen um dann ab dem neunten Tag wieder stark zu fallen. Dieser starke Abfall verminderte sich dann ab dem zehnten Tag.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch fallen bis zum dritten Tag und konstant bleibend bis zum sechsten Tag begann ab dann wieder leicht zu steigen. Vom neunten Tag zum zehnten Tag kam es zu einem kurzen und steilen Abfall der Nitratkonzentration um danach wieder konstant niedrig zu bleiben.

Die Ammoniumkonzentration, welche anfangs bis zum dritten Tag noch stark sank, begann danach bis zum zehnten Tag leicht zu steigen und fiel danach wieder leicht ab, wobei sich die Senkung ab dem vierzehnten Tag verringerte.

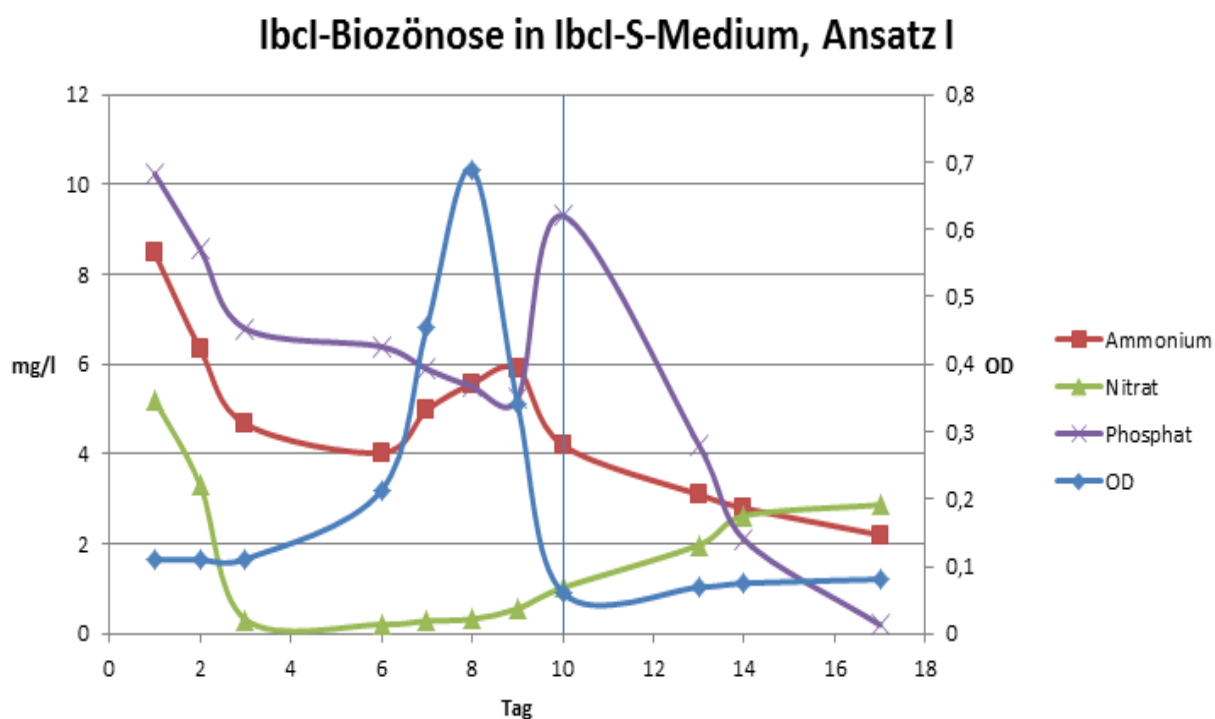


Abbildung 42 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz I, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, blieb zuerst bis zum dritten Tag konstant um danach erst schwach, und danach ab dem

sechsten Tag steil zu steigen. Danach fiel die OD wieder bis zum zehnten Tag stark ab, um ab dort wieder sehr leicht zu steigen.

Die Nitratkonzentration, anfangs bis zum dritten Tag stark fallend und danach bis zum sechsten Tag konstant bleibend, begann dann leicht zu steigen. Diese Steigung wurde vom dritten zum vierzehnten Tag etwas steiler und verringerte sich dann wieder.

Die Phosphatkonzentration, anfangs bis zum dritten Tag stark sinkend, sank danach schwach bis zum neunten Tag weiter. Bis zum zehnten Tag war die Phosphatkonzentration einem starken Anstieg und danach einem starken Abfall bis zum vierzehnten Tag ausgesetzt. Danach verringerte sich die Steigung wieder.

Die Ammoniumkonzentration, welche anfangs bis zum dritten Tag noch stark und bis zum sechsten Tag schwach sank, begann vom sechsten zum neunten stark anzusteigen. Danach sank die Ammoniumkonzentration bis zum zehnten Tag stark und danach bis zum Ende der Versuche weiter schwach.

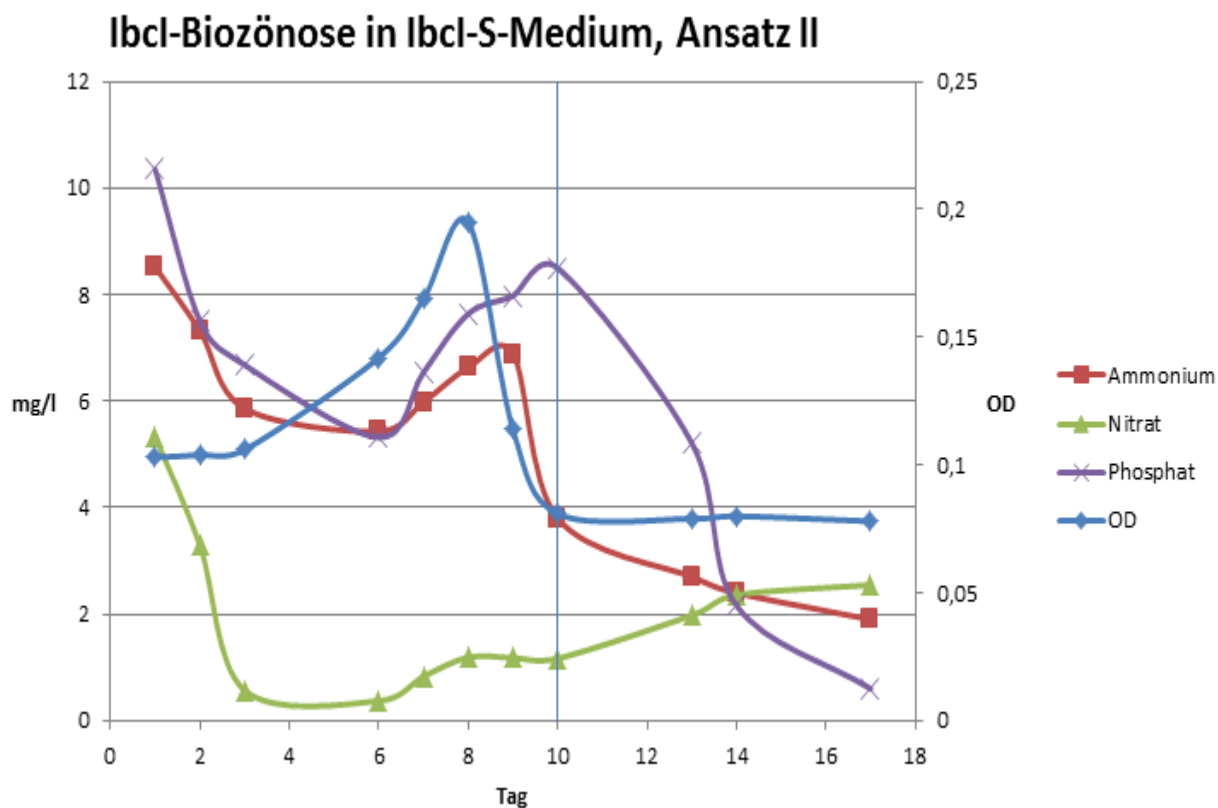


Abbildung 43 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz II, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der IbcI-Probe erhöht, blieb anfangs bis zum dritten Tag konstant und begann danach bis zum achten Tag immer steiler werdend zu steigen. Danach fiel die optische Dichte bis zum achten Tag stark ab und blieb danach konstant.

Die Nitratkonzentration am Anfang noch bis zum dritten Tag steil sinkend, blieb dann eine Weile konstant um vom sechsten Tag an bis zum achten Tag leicht zu steigen. Bis zum zehnten Tag blieb die Konzentration dann nahezu konstant. Danach stieg die Konzentration bis zum vierzehnten Tag wieder steil an um danach wieder nur noch ganz leicht zu steigen.

Die Phosphatkonzentration, anfangs noch bis zum dritten Tag steil sinkend begann danach bis zum sechsten Tag weniger steil zu sinken. Danach kam es zu bis zum zehnten Tag zu einer steilen Steigung und es folgt bis zum dreizehnten Tag eine steile Steigung. Bis zum dreizehnten Tag wurde die Steilung etwas steiler um danach bis zum Ende wieder etwas weniger steil zu sinken.

Die Ammoniumkonzentration, bis zu dritten Tag stark sinkend, begann danach wieder nur leicht zu sinken um dann ab dem sechsten Tag stark anzusteigen. Ab dem neunten bis zum zehnten Tag sank die Konzentration wieder steil um danach nur noch weniger steil zu sinken.

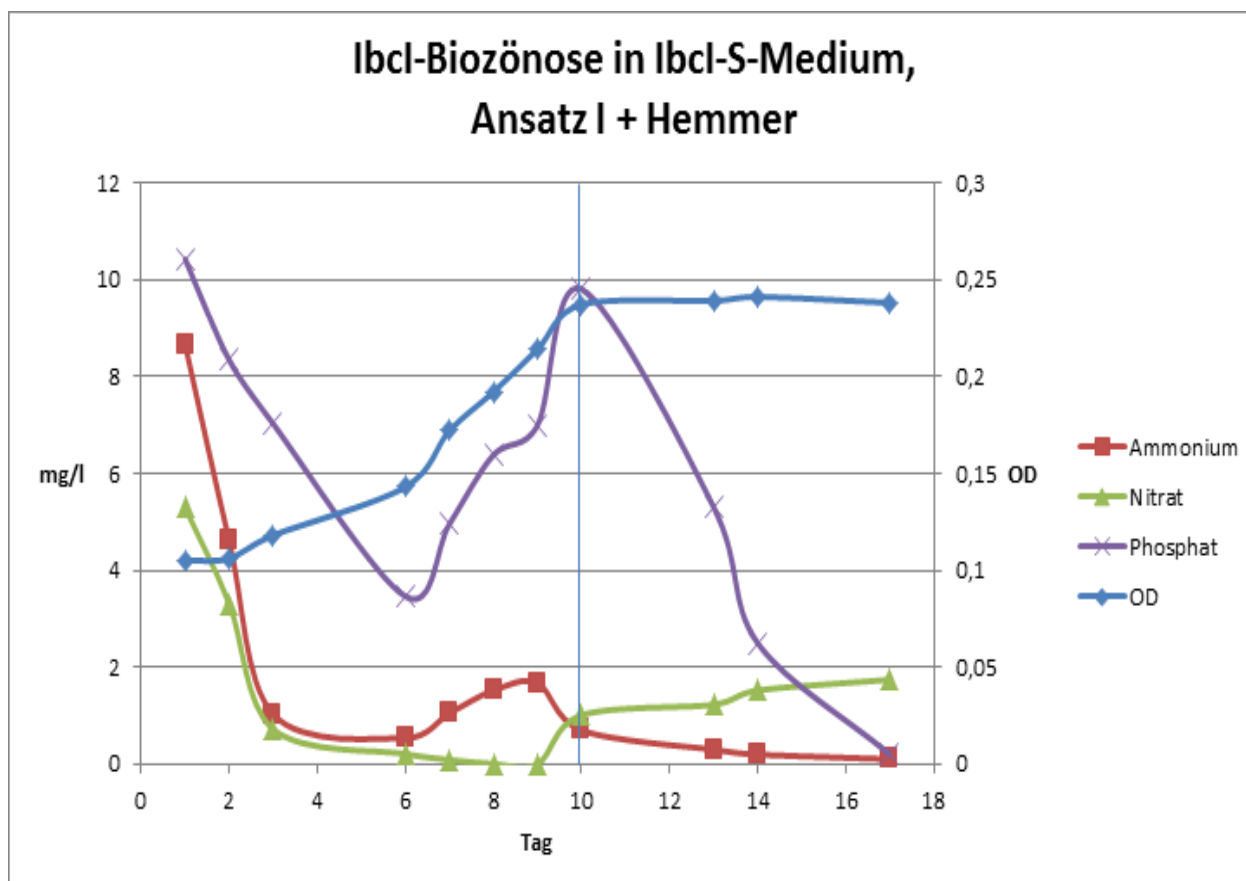


Abbildung 44 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, anfangs noch konstant bleibend, begann um dann vom zweiten Tag bis zum zehnten Tag zu steigen und danach konstant zu bleiben.

Die Nitratkonzentration, welche anfangs bis zum dritten Tag stark sank, begann danach bis zum neunten Tag leicht zu sinken. Um dann bis zum zehnten Tag stark zu steigen und dann nur noch minimal zu steigen.

Die Phosphatkonzentration anfangs noch bis zum zehnten Tag stark zu sinken begann danach bis zum zehnten Tag wieder stark zu steigen. Ab dann sank die Konzentration wieder stark ab.

Die Ammoniumkonzentration, am Anfang noch hoch, begann bereits von Anfang an bis zum dritten Tag stark zu sinken. Bis zum sechsten Tag war die Senkung nur noch

minimal um danach wieder bis zum neunten Tag stärker zu steigen. Bis zum zehnten Tag erfuhr die Ammoniumkonzentration eine steile Senkung um danach bis zum Ende nur noch schwach zu sinken.

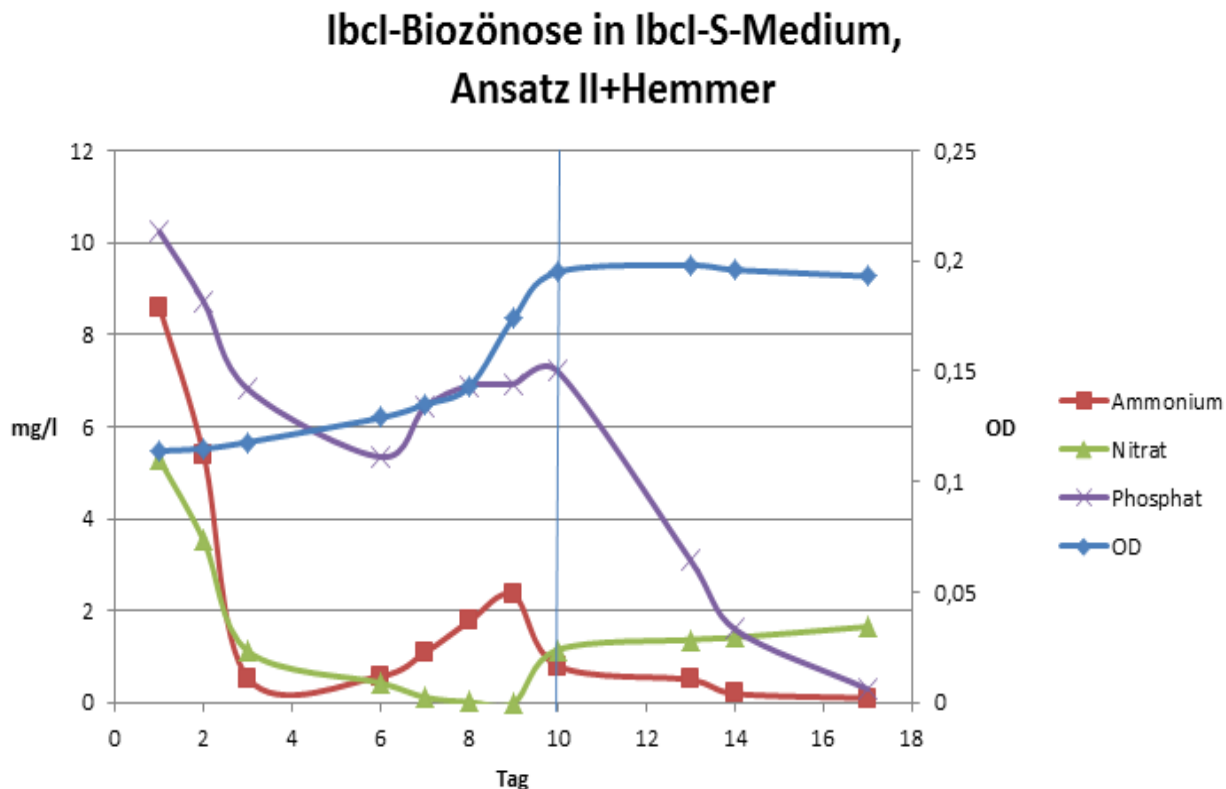


Abbildung 45 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm ist die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optische Dichte gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, stieg nach Beginn der Versuche bis zum achten Tag langsam an um danach bis zum zehnten Tag stärker zu steigen. Danach blieb die Konzentration bis zum Ende nahezu konstant.

Die Phosphatkonzentration begann anfangs noch bis zu sechsten Tag zu sinke um, dann auf dann bis zum achten Tag steil zu steigen. Bis zum neunten Tag verringerte sich dann die Steigung um sich vom neunten zum zehnten Tag noch einmal zu steigern. Anschließend fiel die Konzentration steil ab um dann erst gegen den vierzehnten Tag wieder weniger steil zu sinken.

Die Nitratkonzentration, anfangs bis zum dritten Tag steil sinken, begann danach bis zum neunten Tag weniger steil zu sinken um dann bis zum zehnten Tag wieder steil anzusteigen. Ab da stieg die Konzentration nur noch minimal an.

Die Ammoniumkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann danach bis zum dritten Tag stark zu sinken. Bis zum neunten Tag stieg die Konzentration wieder an um danach wieder bis zum zehnten Tag steil zu sinken. Danach war nur noch ein sehr geringes Absinken der Konzentration zu verzeichnen.

5.2.5 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium

Die IbcI-Biozönose kommt aus einer Probe des Pilotreaktor IbcI, dem die Nitrifikantenstammlösung vier Wochen vor Probenahme zugefügt wurde.

Die Nitrifikantenstammlösung wurde hergestellt, in dem die Nitrifikanten aus 1l einer Belebtschlammprobe der Kläranlage in 10 l Nitrifikantenmedium-Medium über vier Wochen lang bei 30-35°C Raumtemperatur abgedeckt unter ständigem Rühren angereichert wurden.

Ein Trennstrich in einigen der Diagramme gibt an, dass ab dieser Messung ein anderes Photometer benutzt wurde, da das vorher benutzte seine Funktion einstellte.

Bei diesen Versuchen wurden 200ml IbcI-Medium, 10 ml Saccharose-lösung-2, 10ml Cyanidlösung-2 und 10ml der IbcI-Biozönose zugegeben. Der Hemmstoff, N-Allylthioharnstoff, wurde in einer Dosis von 1 ml zugegeben.

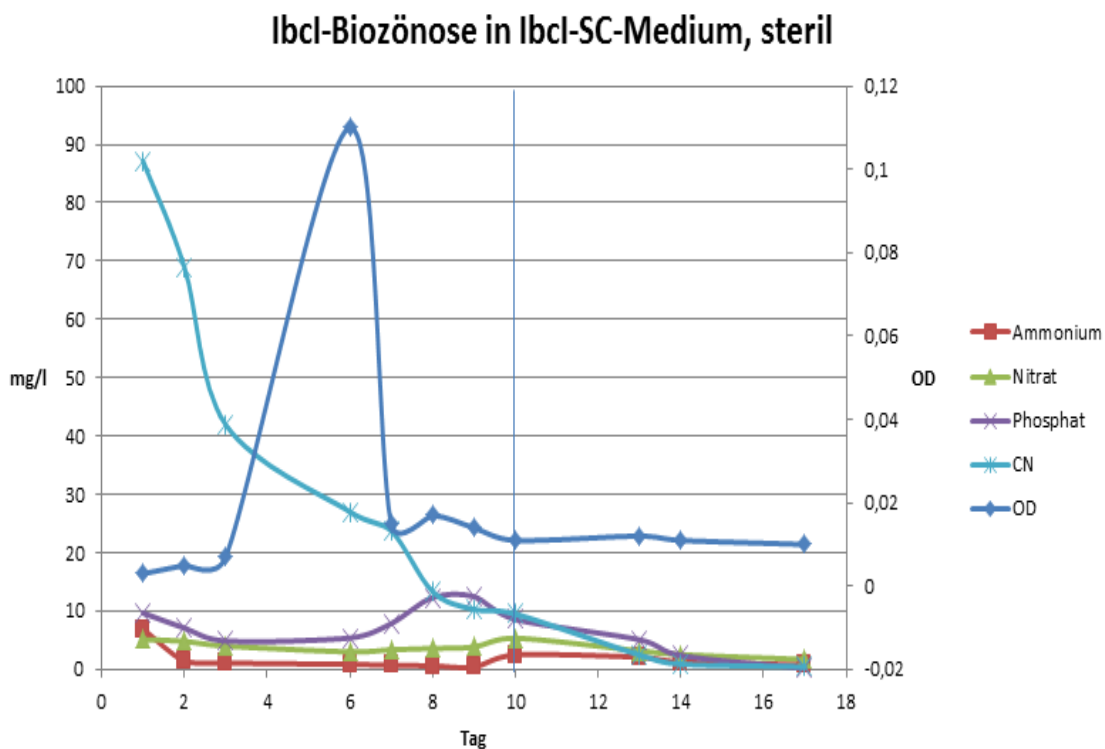


Abbildung 46 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Sterilansatz, Übersicht

In diesem Diagramm sind die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optischen Dichte und der Cyanidgehalt gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs noch niedrig, begann bereits nach Beginn der Versuche leicht und ab dem dritten Tag steil anzusteigen. Ab dem sechsten Tag begann die optische Dichte stark und steil zu sinken um dann am neunten Tag, mit einem minimalen Auf- und Abstieg dazwischen, wieder leicht zu sinken.

Die Phosphatkonzentration, anfangs noch bis zum dritten Tag sinkend, begann bis zum sechsten Tag leicht und bis zum neunten Tag steil zu steigen und danach mit wechselnder Steilheit bis zum Ende der Versuche zu sinken.

Die Ammoniumkonzentration, vom Anfang bis zum zweiten Tag steil sinkend, sank danach nur wenig steil bis etwa zum neunten Tag um danach bis zum zehnten Tag zu steigen und anschließend wieder zu sinken.

Die Nitratkonzentration welche Anfangs bis etwa zum sechsten Tag sank begann bis zum zehnten Tag steil zu steigen um danach wieder steil zu sinken.

Die Cyanidkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann bereits nach Beginn der Versuche bis zum dritten Tag erst stark und danach bis zum siebten Tag weniger leicht zu sinken. Vom zehnten bis zum vierzehnten Tag war der Abstieg dann etwas steiler um sich dann bis zum Ende der Versuche wieder zu verringern.

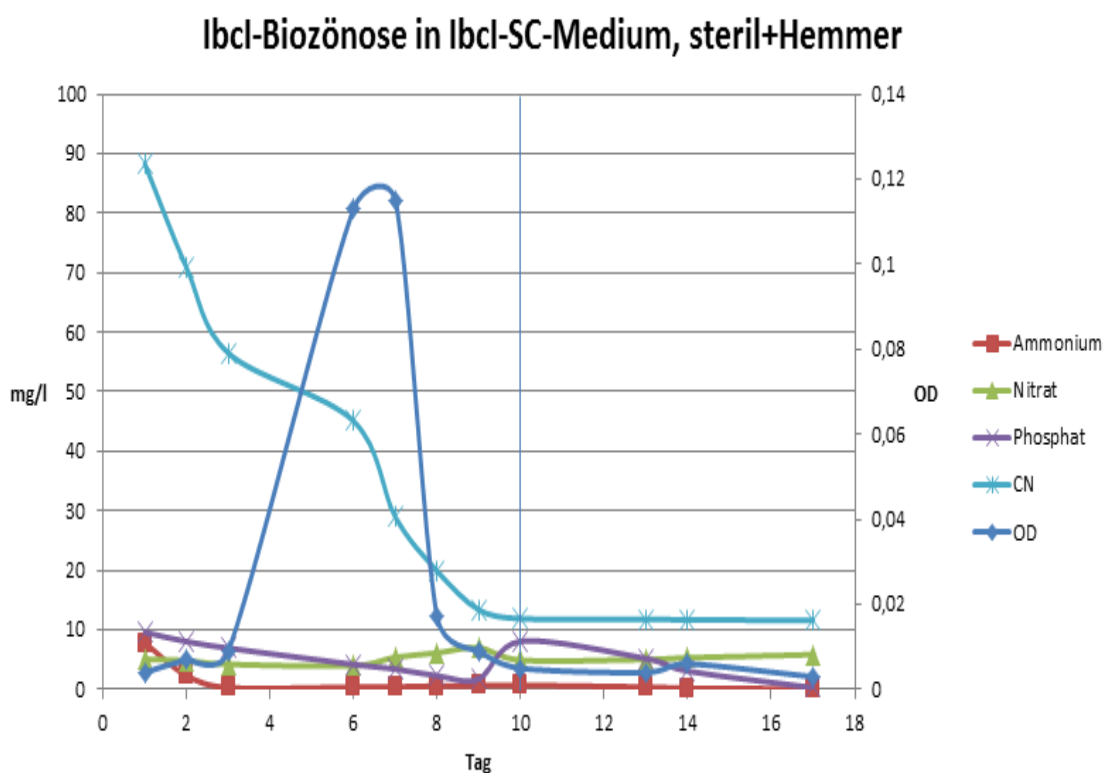


Abbildung 47 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm sind die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optischen Dichte und der Cyanidgehalt gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs noch niedrig, begann bereits nach Beginn der Versuche leicht und ab dem dritten Tag steil anzusteigen. Ab dem sechsten Tag begann die optische Dichte stark und steil zu sinken um dann am neunten Tag, mit einem minimalen Auf- und Abstieg dazwischen, wieder leicht zu sinken.

Die Phosphatkonzentration, anfangs noch bis zum neunten Tag sinkend, begann danach bis zum zehnten Tag wieder zu steigen um anschließend bis zum Ende der Versuche wieder zu sinken.

Die Ammoniumkonzentration, welche anfangs bis zum dritten Tag noch sank, stieg danach bis zum zehnten Tag um danach bis zum Ende der Versuche wieder zu sinken.

Die Nitratkonzentration, anfangs noch bis zum sechsten Tag leicht sinkend und bis zum neunten Tag steil steigend, begann danach bis zum zehnten Tag steil zu sinken und danach bis zum Ende wieder zu steigen.

Die Cyanidkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann bereits nach Beginn der Versuche bis zum dritten Tag erst stark und danach bis zum siebten Tag weniger leicht zu sinken. Vom zehnten bis zum vierzehnten Tag war der Abstieg dann etwas steiler um sich dann bis zum Ende der Versuche wieder zu verringern.

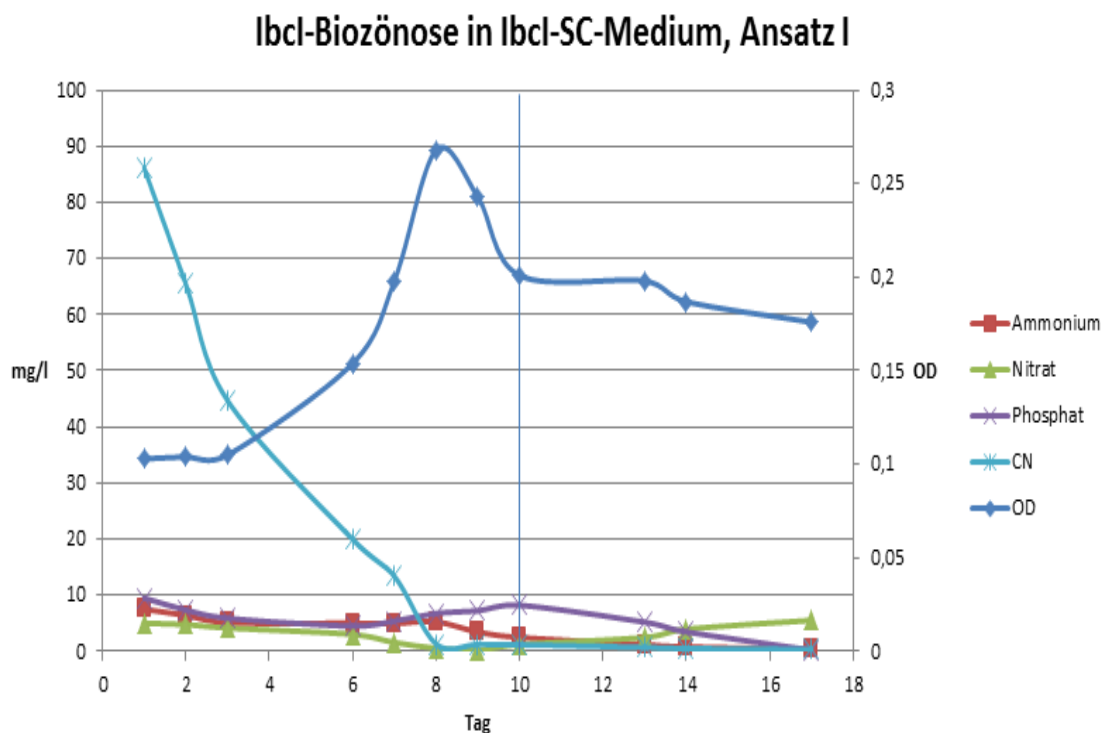


Abbildung 48 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz I, Übersicht

In diesem Diagramm sind die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optischen Dichte und der Cyanidgehalt gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der IbcI-Probe erhöht, blieb zu Anfang bis zum dritten Tag unverändert um danach bis zum achten Tag immer steiler zu steigen. Danach sank die Konzentration bis zum zehnten Tag wieder um dann eine Weile gleich zu bleiben. Vom dreizehnten Tag bis zum Ende der Versuche sank die optische Dichte danach nur noch wenig.

Die Phosphatkonzentration, bis zum dritten Tag steil, danach weniger steil sinkend, begann vom siebenten zum zehnten Tag wieder steil zu steigen um danach genau so steil abzufallen.

Die Ammoniumkonzentration welche anfangs bis zum dritten Tag sank, blieb danach eine Weile konstant um dann vom siebten zum achten Tag etwas zu steigen. Danach sank die Konzentration bis zum zehnten Tag erst sehr steil, und danach bis zum Ende der Versuche weniger steil ab.

Die Nitratkonzentration sank vom ersten bis zum sechsten Versuchstag steil um danach bis zum neunten Tag ein sehr steiler zu sinken. Danach stieg die Konzentration abwechselnd steil bis zum Ende.

Die Cyanidkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann bereits nach Beginn der Versuche bis zu dritten Tag erst sehr steil und danach bis zum siebten Tag weniger steil zu sinken. Bis zum achten Tag wurde die Senkung dann wieder etwas steiler, danach blieb die Konzentration an Cyanid konstant niedrig.

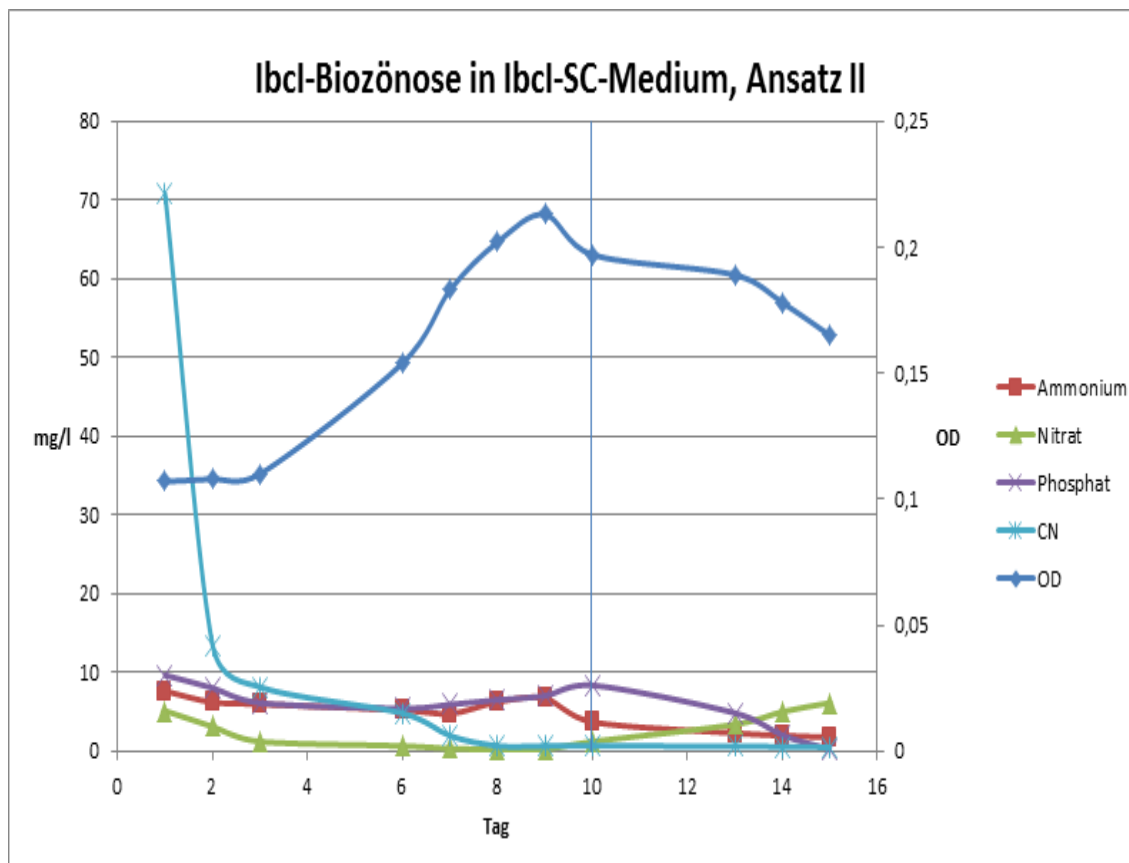


Abbildung 49 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz II, Übersicht

In diesem Diagramm sind die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optischen Dichte und der Cyanidgehalt gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, blieb zu Anfang bis zum dritten Tag unverändert um danach bis zum neunten Tag immer steiler zu steigen. Danach sank die Konzentration bis zum zehnten Tag wieder um dann eine Weile gleich zu bleiben. Vom dreizehnten Tag bis zum Ende der Versuche sank die optische Dichte danach nur noch wenig.

Die Phosphatkonzentration, bis zum dritten Tag steil sinken, begann bis zum sechsten Tag nur wenig zu sinken um danach bis zum zehnten Tag steil zu steigen. Anschließend begann die Konzentration bis zum Ende stark zu sinken.

Die Ammoniumkonzentration welche anfangs bis zum zweiten Tag sehr steil sank, sank danach bis zum siebten Tag weniger steil um dann bis zum neunten wieder zu steigen.

Bis zum zehnten Tag sank die Konzentration dann wieder sehr steil, und bis zum Ende der Versuche sank sie, etwas weniger steil, weiter.

Die Nitratkonzentration sank vom ersten bis zum dritten Versuchstag sehr steil, und danach bis zum neunten Tag weniger steil ab um dann bis zum Ende der Versuche wieder sehr steil zu steigen.

Die Cyanidkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann bereits nach Beginn der Versuche bis zu dritten Tag erst sehr steil und danach bis zum sechsten Tag weniger steil zu sinken. Bis zum achten Tag wurde die Senkung dann wieder etwas steiler, danach blieb die Konzentration an Cyanid konstant niedrig.

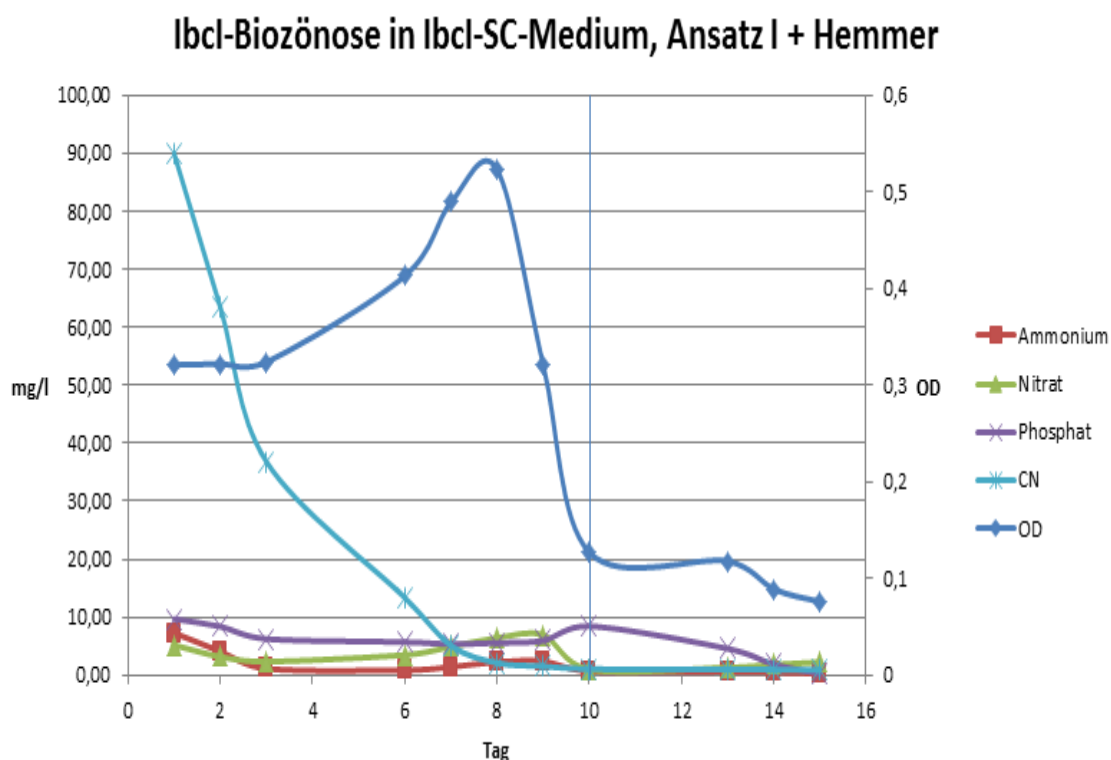


Abbildung 50 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm sind die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optischen Dichte und der Cyanidgehalt gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der Ibcl-Probe erhöht, blieb zu Anfang bis zum dritten Tag unverändert um danach bis zum achten Tag immer steiler zu steigen. Danach sank die Konzentration bis zum zehnten Tag wieder steil ab

um dann eine Weile gleich zu bleiben. Vom dreizehnten Tag bis zum Ende der Versuche sank die optische Dichte danach nur noch wenig.

Die Phosphatkonzentration, bis zum dritten Tag steil sinken, und danach nur noch wenig sinkend, begann vom neunten zum zehnten Tag wieder steil zu steigen um anschließend bis zum Ende der Versuche wieder stark abzufallen.

Die Ammoniumkonzentration welche anfangs bis zum dritten Tag sehr steil sank, sank danach nur wenig, um dann vom siebten zum neunten Tag wieder steil zu steigen. Bis zum zehnten Tag sank die Konzentration dann wieder steil ab um anschließend eine Weile konstant zu bleiben und dann vom dreizehnten Tag bis zum Ende der Versuche wieder wenig zu sinken.

Die Nitratkonzentration sank vom ersten bis zum dritten Versuchstag steil um danach bis zum sechsten Tag steil, und bis zum neunten Tag steiler zu steigen. Bis zum zehnten Tag kam es zu einem steilen Abstieg und danach stieg die Konzentration bis zum Ende der Versuche wieder.

Die Cyanidkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann bereits nach Beginn der Versuche bis zu dritten Tag erst sehr steil und danach bis zum achten Tag weniger steil zu sinken. Danach blieb die Konzentration an Cyanid konstant niedrig.

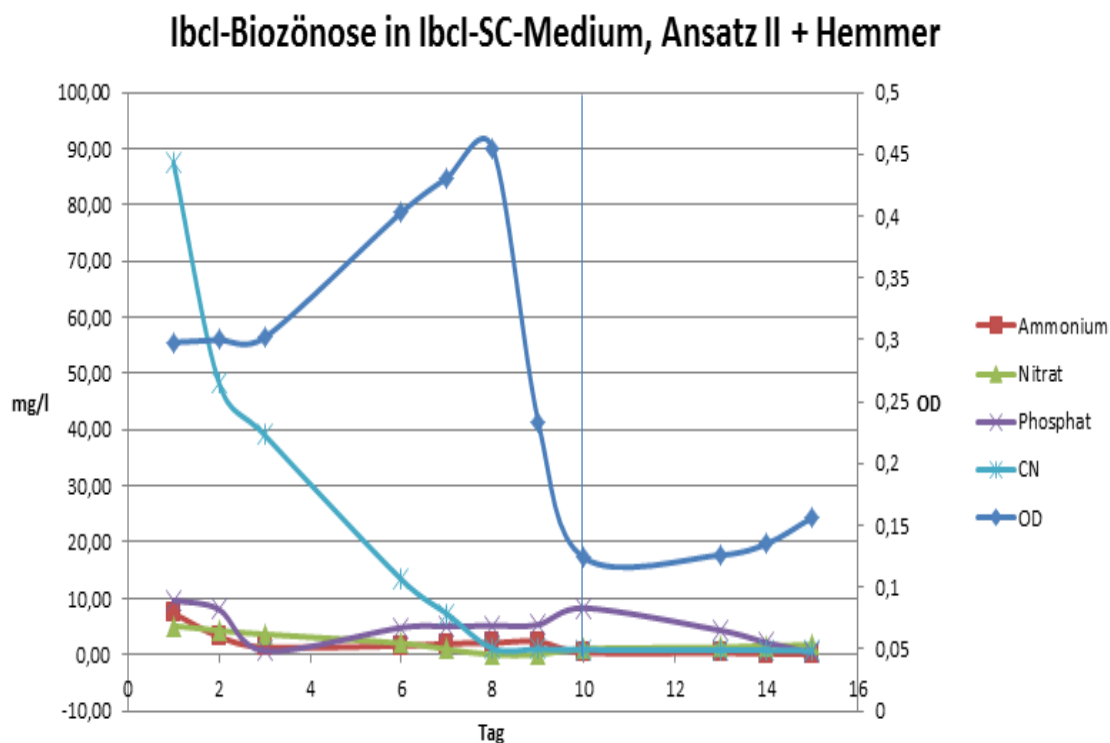


Abbildung 51 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Übersicht

In diesem Diagramm sind die Konzentration an Phosphat, Nitrat und Ammonium, sowie die optischen Dichte und der Cyanidgehalt gegen die Versuchstage aufgetragen.

Die optische Dichte, anfangs schon durch die Eigentrübung der IbcI-Probe erhöht, blieb zu Anfang bis zum dritten Tag unverändert um danach bis zum achten Tag immer steiler zu steigen. Danach sank die Konzentration bis zum zehnten Tag wieder steil ab um dann eine Weile gleich zu bleiben. Vom dreizehnten Tag bis zum Ende der Versuche stieg die optische Dichte danach nur noch wenig.

Die Phosphatkonzentration, erst nur wenig, und dann bis zum dritten Tag steiler sinkend, begann bis zum sechsten Tag wieder steil zu steigen um danach bis zum neunten Tag gleich zu bleiben. Anschließend stieg sie bis zum zehnten Tag steil an um danach wieder zu sinken.

Die Ammoniumkonzentration welche anfangs bis zum dritten Tag steil sank, steigt danach langsam bis zum neunten Tag wieder um danach zum zehnten wieder steil zu

sinken und danach eine Weile konstant zu bleiben und dann bis zum Ende wieder leicht zu sinken.

Die Nitratkonzentration sank vom ersten bis zum sechsten Versuchstag steil, und bis zum achten Tag noch steiler um danach vom neunten zum zehnten Tag steil und dann bis zum Ende weniger steil zu steigen.

Die Cyanidkonzentration, anfangs noch sehr hoch, begann bereits nach Beginn der Versuche bis zu dritten Tag erst sehr steil und danach bis zum achten Tag weniger steil zu sinken. Danach blieb die Konzentration an Cyanid konstant niedrig.

6 Diskussion

6.1 MPN-Messung

Bei den Vergleichen der Keimzahlen der jeweiligen Reaktoren, war auffällig, dass bei einem Anstieg der Aerobierkeimzahl die Nitratkonzentration sank und umgekehrt. Das kann aus einem Abbau des vorhandenen Nitrates durch die Aerobier resultieren, wäre aber verwunderlich, da Ammonium eine bevorzugtere Stickstoffquelle darstellt. Waren dann wenig Aerobier im Umlaufwasser vorhanden, konnte die Nitratkonzentration wieder ansteigen, und erschien daher auch bei steigender Aerobierkeimzahl noch zu steigen, allerdings schien es eher so, dass nicht so viel Nitrat abgebaut werden konnte wie in das System eingetragen wurde, das weniger Aerobier vorhanden waren. Beim Ammoniumverhält es sich genauso, es wird von den Aerobiern umgesetzt, was zu einer umgekehrten Proportionalität zwischen Aerobierkeimzahl und Ammoniumkonzentration führt. Hierbei bestünde auch die Möglichkeit der Hemmung der Aerobier durch die erhöhte Nitratkonzentration, doch konnte noch kein Zusammenhang klar hergestellt werden. Ferner wäre ein Abbau des Ammoniums durch Nitrifikanten zu Nitrat möglich, was die erhöhten Werte an Nitrat erklären würde, allerdings wurden bisher keine Nitrifikanten im Umlaufwasser nachgewiesen. Des Weiteren schienen die Denitrifikanten hier ebenfalls eine Rolle zu spielen, doch zählen sie zu den Anaerobiern, deren Keimzahlen sich während des beobachteten Zeitraumes kaum veränderten. Bei einer niedrigen Konzentration an Phosphat im Umlaufwasser war das Wachstum aller Organismengruppen langsam, was darauf hindeutet, dass das Phosphat ein limitierender Faktor ist, denn bei hohen Phosphatkonzentrationen waren auch höhere Keimzahlen der Organismen zu beobachten. Der Einfluss der Temperatur ist ebenfalls zu beachten, wobei hier die fehlenden Daten bei C.H.Müller durch die Daten von Vowalon ersetzt werden können, da die Anlagen in räumlicher Nähe liegen, daher den selben Witterungsbedingungen ausgesetzt sind, und die Kurven nahezu deckungsgleich verlaufen. Bei späterem Zeitpunkt, als die Temperatur stieg, stieg vor allem auch die Keimzahl der Cyanidabbauer, welche auch ein stärkeres Wachstum erzielten als die Nitrat- und Ammoniumkonzentration erhöht waren. Das liegt daran, dass die Cyanidabbauer in der Lage sind Ammonium als alternative Stickstoffquelle zu nutzen, da sie beim Cyanidabbau selbst Ammoniak herstellen, um diesen als

Stickstoffquelle zu nutzen [Bryniok]. Da der Abbau von Ammonium einfacher ist, als der Abbau von Cyanid, ist Ammonium als Stickstoffquellen bevorzugt, was zu einem Abfall der Cyanidreinigungsleistung, aber einem Anstieg an Biomasse führt, was aber auch durch eine Zufuhr der Kohlenstoffquelle hervorgerufen werden kann. Es wäre daher wünschenswert, Ammonium und Nitrat aus dem Kreislauf zu entfernen, denn Ammonium stört die Reinigungsleistung, während Nitrat auch in Ammonium umgewandelt werden kann. Die Anaerobierkeimzahl scheint dagegen unabhängig von der Ammonium- und Nitratkonzentration zu sein, denn die Werte bleiben relativ stabil. Anders als bei der Phosphatkonzentration, die bei allen Organismengruppen einen limitierenden Faktor darstellt. Auffällig ist, dass die erhöhten Außentemperaturen das Wachstum aller Organismengruppen erhöhen, das größte Wachstum dabei bei den Cyanidabbauern zu finden ist. Eine Abnahme an Nitrat ist auch bei einem Anstieg der Denitrifikanten zu erkennen, welche ja das Nitrat abbauen. Sinkt die Denitrifikantenkeimzahl wieder, ist ein weniger starker Abfall der Nitratkonzentration zu beobachten. Bei all diesen Ergebnissen ist zu beachten, dass dies die Werte des Umlaufwassers sind, und man da her nur Rückschlüsse auf die Verhältnisse im Rieselbett treffen kann. Ein Anstieg der Keimzahlen kann hierbei auch immer einfach nur eine größere Ablösung der Zellen von den Pall®Ringen bedeuten und muss nicht unbedingt auf ein erhöhtes Wachstum verweisen.

Wenn man die Organismengruppen untereinander vergleicht, ist zu sehen, dass, außer bei den Aerobiern, die Keimzahl in den Reaktoren bei Vowalon höher liegt als bei den Reaktoren von C.H.Müller. Warum die Anlage bei C.H.Müller trotzdem eine größere Reinigungsleistung erzielt kann also nicht durch die Zusammensetzung der Biozönose erklärt werden, solange man nur die Organismengruppen betrachtet. Hierbei ist auch zu sehen, dass in den Reaktoren Vowalon und C.H.Müller die Denitrifikanten stets die am wenigsten vertretenen Gruppen an Organismen darstellen, gefolgt von den Anaerobiern. Beim IbcI ist das umgekehrt. Auch ein Nachweißverfahren zur Keimzahlbestimmung der Nitrifikanten fehlt hier, und es gibt einige Organismengruppen, z.B. Pseudomonaten, die nicht mit berücksichtigt wurden. Die Aerobier und Cyanidabbauer sind bei allen Reaktoren die am meisten vertretende Gruppe, wobei zu beachten ist, dass die Cyanidabbauer ein Teil der Aerobier sind, auch wenn sie zu den Microaerophilen

gehören [Bryniok]. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Zeit, in der Cyanid in den Reaktor eingetragen wird. Während bei C.H.Müller im Drei-Schicht-System gearbeitet wird, arbeitet man bei Vowalon im Zwei-Schicht-System. Das führt dazu, dass bei Vowalon längere Zeiten auftreten, in denen die Bakterien keiner Cyanidbegasung ausgesetzt sind, es ist also möglich, dass hier Organismen wachsen, welche bei gleichbleibender Cyanidbelastung keine Wachstumschancen hätten. Auch ist es möglich, dass sich seit Beginn der Beimpfung zwei völlig andere Biozönosen entwickelt haben, oder die Bakterien auf Grund einer Mutation ein anderes Abbauverhalten von Cyanid und eventuell auch der Kohlenstoffquelle entwickelt haben. Das kann mit diesem Versuch allerdings nicht untersucht werden.

6.2 Nitrifikantenversuche

Die Nitrifikantenversuche sollten zeigen, ob eine Zugabe von Nitrifikanten zur Biozönose im Reaktor zu einer Änderung des Abbauverhaltens von Cyanid führt.

„Nitrat“ bezeichnet dabei hier immer den Stickstoff des in der Flüssigkeit enthaltenen Nitrats. „Phosphat“ bezeichnet immer den Phosphor des in der Flüssigkeit enthaltenen ortho-Phosphats. „Ammonium“ bezeichnet immer den Stickstoff, des in der Flüssigkeit enthaltenem Ammoniums.

„Cyanid“ bezeichnet dabei alle cyanidhaltigen, in Flüssigkeit gelösten Substanzen, bezogen nur auf den Gehalt an Cyanid.

6.2.1 Nitrifikantenstammlösung in Nitrifikantenmedium

Hier war als erstes feststellbar, dass die Phosphatkonzentration photometrisch nicht nachweisbar war, die Werte waren alle außerhalb des Messbereiches. Außerdem war auch gleich zu bemerken, dass trotz steriler Bedingungen und keiner Beimpfung die Sterilversuche ein Anwachsen der optischen Dichte zeigten. Allerdings war dieses Wachstum so gering, dass nicht klar ist, ob es sich hier um signifikante Werte handelt.

Bemerkbar ist, dass das Absinken der Ammoniumkonzentration erst nach einer Erhöhung der optischen Dichte eintritt, auch bei den unbeimpften Versuchen. Es gäbe die Möglichkeit, dass das Ammonium von den Mikroorganismen verarbeitet wird, aber auch, und das ist wahrscheinlicher, dass das Ammonium physikalisch oder in den

Zellen in einer Form gebunden wird, welche es dann unmöglich macht mit der angegebenen Methode das Ammonium nachzuweisen. Auch ein Ausgasen des Ammoniaks in Form von Ammoniak ist möglich. Ein späterer Anstieg an Ammonium kann daher durch das Freisetzen des Ammoniums, zum Beispiel durch Zelltod, stattfinden. Allerdings ist zu beobachten dass einem Anstieg der optischen Dichte stets ein Abfall der Ammoniumkonzentration folgt, was zeigt, dass Ammonium von den Mikroorganismen entweder aufgenommen und gespeichert oder verarbeitet wird, aber auf jeden Fall in eine Form gebracht wird, die nicht mehr mit der Methode nachweisbar ist. Eine Erhöhung der Nitratkonzentration ist immer auch an eine Erhöhung der optischen Dichte gebunden, während das Gegenteil nicht der Fall ist. Allerdings kann eine Erhöhung der Nitratkonzentration auch mit dem Zelltod, und daher mit einer Stagnation der optischen Dichte in Verbindung gebracht werden.

Da in den Versuchen mit Nitrifikationshemmer der Firma Aqualytic trotzdem eine Zunahme zu verzeichnen war, war anzunehmen, dass der schon länger im Institut aufbewahrte Hemmer seine Wirksamkeit eingebüßt haben könnte, und ein Austausch war die Folge. Zu beobachten war auch, dass eine Zunahme an Nitrat immer erst nach einer Abnahme an Ammonium statt fand, aber nicht immer bei einer Zunahme von Ammonium eine Abnahme an Nitrat eintrat, sich die Steilheit der Zunahme allerdings verringerte.

Zu beobachten war hier auch, dass die optische Dichte bei allen Versuchen sehr niedrig war und auch kaum anstieg, eine Erhöhung des Inokulums war daher für das nächste Experiment vorgesehen.

6.2.2 Nitrifikantenstammlösung in IbcI-Medium

Dieses Medium, welches hier verwendet wurde, war den Verhältnissen an Phosphat, Nitrat und Ammonium des Pilotreaktors IbcI nachempfunden. Dabei ist zu erkennen, dass immer bei einem Anstieg der optischen Dichte die Konzentration an Phosphat sank, da die Mikroorganismen Phosphat als Grundlage zur Vervielfältigung benötigen. Bei einem Abfall an optischer Dichte, welche auf einen Zelltod zurückführbar ist, stieg auch immer die Konzentration an Phosphat, was sich mit der Freisetzung des vorher nicht messbaren Phosphats aus der Zelle erklären lässt. Da die Nitratkonzentration auch bei der Anwesenheit von Nitrifikationshemmer stieg, war anzunehmen, dass die Wirkung des schon länger im Institut vorhandenen Hemmers von Aqualytic nicht mehr

ausreichend war, daher wurde er im nächsten Experiment ausgetauscht. Zu beobachten war auch, dass eine Zunahme an Nitrat immer erst nach einer Abnahme an Ammonium statt fand, aber nicht immer bei einer Zunahme von Ammonium eine Abnahme an Nitrat eintrat, sich die Steilheit der Zunahme allerdings verringerte.

Zu beobachten war allerdings auch, dass die optische Dichte, trotz der Erhöhung des Inokulums, in allen Versuchen sehr niedrig war, so dass man keine Aussage drüber treffen kann, ob diese Werte auch signifikant sind. Auffällig ist hier, dass gleich zu Beginn der Versuche die Konzentration an Ammonium stark abfällt. Es gäbe die Möglichkeit, dass das Ammonium in Form von Ammoniak ausgast, oder dass das Ammonium von den Mikroorganismen verarbeitet wird, aber auch, und das ist wahrscheinlicher, dass das Ammonium physikalisch oder in den Zellen in einer Form gebunden wird, welche es dann unmöglich macht mit der angegebenen Methode das Ammonium nachzuweisen. Ein späterer Anstieg an Ammonium kann daher durch das Freisetzen des Ammonium, zum Beispiel durch Zelltod, stattfinden. Allerdings ist zu beobachten dass einem Anstieg der optischen Dichte stets ein Abfall der Ammoniumkonzentration folgt, was zeigt, dass Ammonium von den Mikroorganismen entweder aufgenommen und gespeichert oder verarbeitet wird, aber auf jeden Fall in eine Form gebracht wird, die nicht mehr mit der Methode nachweisbar ist. Eine Erhöhung der Nitratkonzentration ist immer auch an eine Erhöhung der optischen Dichte gebunden, während das Gegenteil nicht der Fall ist. Allerdings kann eine Erhöhung der Nitratkonzentration auch mit dem Zelltod, und daher mit einer Stagnation der optischen Dichte in Verbindung gebracht werden.

6.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-Medium

Dieses Medium, welches hier verwendet wurde, war den Verhältnissen an Phosphat, Nitrat und Ammonium des Pilotreaktors IbcI nachempfunden. Beimpft wurde mit einer Probe des Umlaufwassers des Pilotreaktors IbcI, dem einem Monat vor Probenahme Nitrifikanten der Nitrifikantenstammlösung zugesetzt wurden. Dabei ist zu erkennen, dass immer bei einem Anstieg der optischen Dichte die Konzentration an Phosphat sank, da die Mikroorganismen Phosphat als Grundlage zur Vervielfältigung benötigen. Bei einem Abfall an optischer Dichte, welche auf einen Zelltod zurückführbar ist, stieg auch immer die Konzentration an Phosphat, was sich mit der Freisetzung des vorher nicht messbaren Phosphats aus der Zelle erklären lässt. Es wurde hier ein neuer

Hemmstoff benutzt, der in den Versuchsreihen in denen er enthalten war offensichtlich eine Nitrifikation hemmte. Zu beobachten war auch, dass eine Zunahme an Nitrat immer erst nach einer Abnahme an Ammonium statt fand, aber nicht immer bei einer Zunahme von Ammonium eine Abnahme an Nitrat eintrat, sich die Steilheit der Zunahme allerdings verringerte, womit ein Zusammenhang zwischen Nitrat und Ammonium bewiesen war, da die Nitrifikation Nitrat aus Ammonium produziert. Auch liegt dann die Vermutung nahe, dass die dem IbcI zugesetzten Nitrifikanten sich in dessen Biozönose integrieren konnten und bis zum Versuchstag überlebten.

Zu beobachten war allerdings auch, dass die optische Dichte, trotz der Erhöhung des Inokulums, in allen Versuchen sehr niedrig war, so dass man keine Aussage drüber treffen kann, ob diese Werte auch signifikant sind. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich die Biozönose mit dem gelieferten Medium nicht gut verträgt, oder dass die Keimzahl der Organismen in der Probe gering war. Auch eine Inaktivierung der Probenorganismen durch eine Kühlschranklagerung ist nicht auszuschließen.

Da eine Steigerung der optischen Dichte auch bei dem Zusatz von Hemmstoffen steigt, zeigt das, dass in der Probe nicht nur Nitrifikanten enthalten sind, was sich auch im Abfall der Phosphatkonzentration bemerkbar macht. Auffällig ist hier, dass gleich zu Beginn der Versuche die Konzentration an Ammonium stark abfällt. Es gäbe die Möglichkeit, dass das Ammonium in Form von Ammoniak ausgast, oder dass das Ammonium von den Mikroorganismen verarbeitet wird, aber auch, und das ist wahrscheinlicher, dass das Ammonium physikalisch oder in den Zellen in einer Form gebunden wird, welche es dann unmöglich macht mit der angegebenen Methode das Ammonium nachzuweisen. Ein späterer Anstieg an Ammonium kann daher durch das Freisetzen des Ammonium, zum Beispiel durch Zelltod, stattfinden. Allerdings ist zu beobachten dass einem Anstieg der optischen Dichte stets ein Abfall der Ammoniumkonzentration folgt, was zeigt, dass Ammonium von den Mikroorganismen entweder aufgenommen und gespeichert oder verarbeitet wird, aber auf jeden Fall in eine Form gebracht wird, die nicht mehr mit der Methode nachweisbar ist. Eine Erhöhung der Nitratkonzentration ist immer auch an eine Erhöhung der optischen Dichte gebunden, während das Gegenteil nicht der Fall ist. Allerdings kann eine Erhöhung der Nitratkonzentration auch mit dem Zelltod, und daher mit einer Stagnation der optischen Dichte in Verbindung gebracht werden.

6.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-S-Medium

Dieses Medium, welches hier verwendet wurde, war den Verhältnissen an Phosphat, Nitrat und Ammonium des Pilotreaktors IbcI nachempfunden. Beimpt wurde mit einer Probe des Umlaufwassers des Pilotreaktors IbcI, dem einem Monat vor Probenahme Nitrifikanten der Nitrifikantenstammlösung zugesetzt wurden. Dabei ist zu erkennen, dass immer bei einem Anstieg der optischen Dichte die Konzentration an Phosphat sank, da die Mikroorganismen Phosphat als Grundlage zur Vervielfältigung benötigen. Bei einem Abfall an optischer Dichte, welche auf einen Zelltod zurückführbar ist, stieg auch immer die Konzentration an Phosphat, was sich mit der Freisetzung des vorher nicht messbaren Phosphats aus der Zelle erklären lässt. Es wurde hier ein neuer Hemmstoff benutzt, der in den Versuchsreihen in denen er enthalten war offensichtlich eine Nitrifikation hemmte. Zu beobachten war auch, dass eine Zunahme an Nitrat immer erst nach einer Abnahme an Ammonium statt fand, aber nicht immer bei einer Zunahme von Ammonium eine Abnahme an Nitrat eintrat, sich die Steilheit der Zunahme allerdings verringerte, womit ein Zusammenhang zwischen Nitrat und Ammonium bewiesen war, da die Nitrifikation Nitrat aus Ammonium produziert. Auch liegt dann die Vermutung nahe, dass die dem IbcI zugesetzten Nitrifikanten sich in dessen Biozönose integrieren konnten und bis zum Versuchstag überlebten.

Zu beobachten war allerdings auch, dass die optische Dichte, trotz der Erhöhung des Inokulums, in allen Versuchen sehr niedrig war, so dass man keine Aussage drüber treffen kann, ob diese Werte auch signifikant sind. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich die Biozönose mit dem gelieferten Medium nicht gut verträgt, oder dass die Keimzahl der Organismen in der Probe gering war. Auch eine Inaktivierung der Probenorganismen durch eine Kühschranklagerung ist nicht auszuschließen.

Da eine Steigerung der optischen Dichte auch bei dem Zusatz von Hemmstoffen steigt, zeigt das, dass in der Probe nicht nur Nitrifikanten enthalten sind, was sich auch im Abfall der Phosphatkonzentration bemerkbar macht. Auffällig ist hier, dass gleich zu Beginn der Versuche die Konzentration an Ammonium stark abfällt. Es gäbe die Möglichkeit, dass das Ammonium in Form von Ammoniak ausgast, oder dass das Ammonium von den Mikroorganismen verarbeitet wird, aber auch, und das ist wahrscheinlicher, dass das Ammonium physikalisch oder in den Zellen in einer Form

gebunden wird, welche es dann unmöglich macht mit der angegebenen Methode das Ammonium nachzuweisen. Ein späterer Anstieg an Ammonium kann daher durch das Freisetzen des Ammonium, zum Beispiel durch Zelltod, stattfinden. Allerdings ist zu beobachten dass einem Anstieg der optischen Dichte stets ein Abfall der Ammoniumkonzentration folgt, was zeigt, dass Ammonium von den Mikroorganismen entweder aufgenommen und gespeichert oder verarbeitet wird, aber auf jeden Fall in eine Form gebracht wird, die nicht mehr mit der Methode nachweisbar ist. Eine Erhöhung der Nitratkonzentration ist immer auch an eine Erhöhung der optischen Dichte gebunden, während das Gegenteil nicht der Fall ist. Allerdings kann eine Erhöhung der Nitratkonzentration auch mit dem Zelltod, und daher mit einer Stagnation der optischen Dichte in Verbindung gebracht werden.

Sehr zu beachten ist hier, dass bei der Zugabe von Saccharose zu dem Medium sich der Anstieg an Nitrat erhöhte, sowie auch der Anstieg an optischer Dichte. Der Abfall an Phosphat erfolgte schneller, während der Abfall an Ammonium kaum beeinflusst wurde.

6.2.3 IbcI-Biozönose in IbcI-SC-Medium

Dieses Medium, welches hier verwendet wurde, war den Verhältnissen an Phosphat, Nitrat und Ammonium des Pilotreaktors IbcI nachempfunden. Zusätzlich wurde noch Saccharose und Cyanid zugesetzt.

Beimpft wurde mit einer Probe des Umlaufwassers des Pilotreaktors IbcI, dem einem Monat vor Probenahme Nitrifikanten der Nitrifikantenstammlösung zugesetzt wurden. Dabei ist zu erkennen, dass immer bei einem Anstieg der optischen Dichte die Konzentration an Phosphat sank, da die Mikroorganismen Phosphat als Grundlage zur Vervielfältigung benötigen. Bei einem Abfall an optischer Dichte, welche auf einen Zelltod zurückführbar ist, stieg auch immer die Konzentration an Phosphat, was sich mit der Freisetzung des vorher nicht messbaren Phosphats aus der Zelle erklären lässt. Es wurde hier ein neuer Hemmstoff benutzt, der in den Versuchsreihen in denen er enthalten war offensichtlich eine Nitrifikation hemmte. Zu beobachten war auch, dass eine Zunahme an Nitrat immer erst nach einer Abnahme an Ammonium statt fand, aber nicht immer bei einer Zunahme von Ammonium eine Abnahme an Nitrat eintrat, sich die Steilheit der Zunahme allerdings verringerte, womit ein Zusammenhang zwischen

Nitrat und Ammonium bewiesen war, da die Nitrifikation Nitrat aus Ammonium produziert. Auch liegt dann die Vermutung nahe, dass die dem IbcI zugesetzten Nitrifikanten sich in dessen Biozönose integrieren konnten und bis zum Versuchstag überlebten.

Zu beobachten war allerdings auch, dass die optische Dichte, trotz der Erhöhung des Inokulums, in allen Versuchen sehr niedrig war, so dass man keine Aussage drüber treffen kann, ob diese Werte auch signifikant sind. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich die Biozönose mit dem gelieferten Medium nicht gut verträgt, oder dass die Keimzahl der Organismen in der Probe gering war. Auch eine Inaktivierung der Probenorganismen durch eine Kühschranklagerung ist nicht auszuschließen.

Da eine Steigerung der optischen Dichte auch bei dem Zusatz von Hemmstoffen steigt, zeigt das, dass in der Probe nicht nur Nitrifikanten enthalten sind, was sich auch im Abfall der Phosphatkonzentration bemerkbar macht. Auffällig ist hier, dass gleich zu Beginn der Versuche die Konzentration an Ammonium stark abfällt. Es gäbe die Möglichkeit, dass das Ammonium in Form von Ammoniak ausgast, oder dass das Ammonium von den Mikroorganismen verarbeitet wird, aber auch, und das ist wahrscheinlicher, dass das Ammonium physikalisch oder in den Zellen in einer Form gebunden wird, welche es dann unmöglich macht mit der angegebenen Methode das Ammonium nachzuweisen. Ein späterer Anstieg an Ammonium kann daher durch das Freisetzen des Ammonium, zum Beispiel durch Zelltod, stattfinden. Allerdings ist zu beobachten dass einem Anstieg der optischen Dichte stets ein Abfall der Ammoniumkonzentration folgt, was zeigt, dass Ammonium von den Mikroorganismen entweder aufgenommen und gespeichert oder verarbeitet wird, aber auf jeden Fall in eine Form gebracht wird, die nicht mehr mit der Methode nachweisbar ist. Eine Erhöhung der Nitratkonzentration ist immer auch an eine Erhöhung der optischen Dichte gebunden, während das Gegenteil nicht der Fall ist. Allerdings kann eine Erhöhung der Nitratkonzentration auch mit dem Zelltod, und daher mit einer Stagnation der optischen Dichte in Verbindung gebracht werden.

Sehr zu beachten ist hier, dass bei der Zugabe von Saccharose zu dem Medium sich der Anstieg an Nitrat erhöhte, sowie auch der Anstieg an optischer Dichte. Der Abfall an Phosphat erfolgte schneller, während der Abfall an Ammonium kaum beeinflusst wurde.

Der Abfall an Cyanid, welcher anfangs immer sehr schnell erfolgte, sank bei beimpften Versuchen schneller und steiler bis auf null, während nach der Erreichen dieses Wertes die optische Dichte immer zu sinken begann. Damit wurde gezeigt, dass die optische Dichte zum großen Teil von den cyanidabbauenden Organismen beeinflusst wurde. Nitrat und Ammonium sanken bereits nach Beginn der Versuche stark, und begannen erst wieder zu steigen, nachdem ein Großteil des Cyanides aus der Lösung entfernt war, dabei ist zu beachten dass ein Großteil des Cyanides nicht abgebaut wurde, sondern ausgaste. Eine genauere Angabe über den Einfluss der IbcI-Biozönose auf den Cyanidabbau kann also nicht ohne weiteres getroffen werden. Allerdings kann man aus den Sterilversuchen beobachten, dass bei einem Ansatz ohne Hemmer der Cyanidgehalt schneller bei null ankam, daher ist anzunehmen, dass die Nitrifikation einen positiven Einfluss auf den Abbau an Cyanid hat, doch da der Cyanidgehalt schon sehr stark durch das Abgasen absinkt, wäre mit weiteren Experimenten unter anderen Bedingungen zu verifizieren, in wie weit sich dieser Einfluss geltend macht. Allerdings zeigen die Ergebnisse einen Zusammenhang zwischen Nitrifikanten, und damit der Nitrifikation, und dem Cyanidabbau auf, wie sich der Zusammenhang aber genau verhält wird in späteren Experimenten noch zu klären sein.

7 Ausblick

Im Hinblick auf die Ergebnisse wäre es sinnvoll, diese Experimente noch einmal zu wiederholen, einerseits um die Experimentierzeit zu verlängern und damit signifikantere Ergebnisse für die optische Dichte zu erreichen, andererseits sollten diesmal die Experimente unter Luftabschluss stattfinden, um den Abbau an Cyanid durch die Organismen besser beobachten zu können und eine Aussage treffen zu können die nicht durch das Ausgasen des Cyanides verfälscht wurde. Des Weiteren könnte man damit feststellen ob der große Abfall an Ammonium wirklich auf ein Ausgasen des Ammoniums in Form von Ammoniak zurückzuführen ist, oder ob sich dabei um eine Bindung innerhalb der Mikroorganismen bzw. in physikalischer Form handelt. Dadurch könnte man ein besseres Verständnis über die Zusammenhänge zwischen Ammonium und Nitrat gewinnen. Mit einer Wiederholung der Experimente könnte man auch feststellen, ob sich die Nitrifikanten immer noch in der Biozönose des IbcI befinden. Es gibt auch spezielle Test mit denen sich dies feststellen ließe, eine Durchführung dieser Test wäre im Hinblick auf weitere Verbesserungen an der Abluftreinigungsanlage wünschenswert. Des Weiteren wäre es sinnvoll einen Test zu entwickeln, mit dem man die Keimzahlen der Nitrifikanten in den Reaktoren überwachen kann. Auch das Inokulum bei den durchgeführten Nitrifikantenversuchen sollte erhöht werden um schneller an Ergebnisse über die optische Dichte zu gelangen, die bei so kleinen Werten einfach noch keine definiten Ergebnisse geliefert hatte. Bei Experimenten unter Luftabschluss, welche zur Verhinderung der Ausgasung des Cyanids dienen, sollten man auch überlegen, dass die Nitrifikanten zur Nitrifikation Kohlenstoffdioxid benötigen, man also dieses in der Form von Carbonaten dem Medium zusetzen sollten, am besten so, dass dies gleichzeitig als Puffersystem dienen kann, vor allem auch da durch die Nitrifikation das System angesäuert werden würde, und damit sich die Umgebungsbedingungen für die Cyanidabbauer und die physikalische Bindung des Cyanides an das Wasser verschlechtern würde. Auch ist zu überlegen, ob man das Medium, welches dem IbcI-nachempfunden wurde noch optimiert werden kann, beziehungsweise wie man die Bedingungen des IbcI im Labor noch besser simuliert werden kann. Um einen Einfluss der Nitrifikation auf den Cyanidabbau zu besser

beobachten wären Versuche direkt am IbcI vorzuziehen, um eine Veränderung des Umlaufwassers während des Transports und der Lagerung auszuschließen. Außerdem wäre dann eine häufigere Probenentnahme wünschenswert.

8 Zusammenfassung

Das Ziel der Versuche war nachzuweisen, ob die Zugabe von Nitrifikanten eine Verbesserung des Cyanidabbaus in der Abluft der Flammkaschierungsanlagen nach sich zieht. Dabei ist eindeutig sichtbar gewesen, dass bei einer Zugabe von Nitrifikanten beziehungsweise von Proben aus dem Reaktor, dem Nitrifikanten zugesetzt waren, die Konzentration an Ammonium schneller sinkt als ohne Nitrifikanten, und das eine Zunahme von Nitrat zu verzeichnen ist. Dies zeigte die erfolgreiche Nitrifikation an. Im Zusammenhang mit der optischen Dichte konnte so eine definitive Aussage nicht getroffen werden, da die optischen Dichten zu gering sind, um als signifikant zu gelten, daher wäre eine andere Versuchsanordnung und –dauer bei späteren Experimenten auf jeden Fall zu berücksichtigen. Auch ein Zusammenhang zwischen der Nitrifikation, und damit dem Anstieg bzw. dem Abfall an Ammonium zum Cyanidabbau konnte nicht getroffen werden, da es nicht quantifizierbar war, wie viel des aus der Probe entwichenen Cyanids tatsächlich auf biologischen Abbau zurück zu führen ist. Dieses Experiment müsste daher für ein besseres Ergebnis unter anderen Bedingungen und mit verlängerter Versuchsdauer wiederholt werden um genau Aussage über eine Veränderung des Cyanidabbaus bei Anwesenheit von Nitrifikanten zu treffen.

9 Summary

The aim of the experiments was to demonstrate whether the addition of nitrifying bacteria in the exhaust air leads to an improvement of cyanide decomposition. It has been clearly seen that with the addition of nitrifying bacteria or samples from the reactor the nitrifying bacteria were added, the concentration of ammonium decreased faster than without nitrifying bacteria, and that an increase of nitrate is to be seen. This indicated the successful nitrification. A definitive conclusion about the connection from the optical density to the nitrification could not be made because the optical densities was too low to be considered significant , therefore, a different experimental design and duration in later experiments would definitely be to consider . Also, a correlation between the nitrification, and thus the increase or the decrease of ammonium to cyanide reduction could not be made because it was not possible to quantify how much of the reduction was due to biodegradation. Therefore, this experiment would have a better result under different conditions and with extended duration of the experiment an has to be repeated to meet exact statement about a change in the cyanide decomposition in the presence of nitrifying bacteria .

Literaturverzeichnis

[Dubey,S.K. und Holmes, D.S., 1995] Biological cyanide destruction mediated by microorganisms – World Journal of Microbiology and Biotechnologie. – Oxford (1995)

[Fent,K. , 2003] Ökotoxokologie. 1. Aufl. New York; Thieme, 1998

[Förstner et al., 1997] Förstner, U.; Raudschuss, M.; Reichert, K. J.Fachgruppe Wasserchemie (1997). Chemie und Biologie der Altlasten. 1. Aufl. , VCN Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1997)

[Ghosh et al.,2006] Gosh, R. S.; Dzombak, D.A.; Wong – Chong, G.M.; Physical and Chemical Forms of Cyanide. Dzombak, D.A.; Ghosh, R.S.; Womg-Chong, G.M.[eds] 2006; Cyanide in Water and Soil., 1. Aufl. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006

[Horstkotte, 2006] Horstkotte, D.: Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur oxidativen Entgiftung von freiem und komplex gebundenem Cyanid., Internetveröffentlichung URL: <http://www.lrz-muenchen.de/~aae/cyanid.html> (05/06/2009)

[Knowles, 1976] Knowles, C.J.: Microorganism and Cyanide. Bacteriological Reviews. – Canterbury, Kent (1976) Nr. 40/3

[Mansfeld,2003] Manfred, T.: Mobilität und Mobilisierbarkeit von eisenkomplexierten Cyaniden, Untersuchungen in Kokereiböden und Gichtgasschlämmen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Essen, 2003

[Neumüller, 1981] Neumüller, O.A. : Römpps Chemie Lexikon, 8. Aufl. , Franckh'sche Verlagsbuchhandlung – Stuttgart, 1981

[Oelsner et al.,2001] Oelsner, K.; Dornig, D.; Uhlemann, R,R.: Abbauverhalten von komplexen Cyanidverbindungen. Abschlussbericht, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. – Oelsnitz/E.; 2001

[Piyaprasit, C. 2005] Entwicklung eines Systems zum mechanischen Biomasseaustag bei Biorieselbettreaktoren S. 36 Stuttgart, Universität Stuttgart – Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Abteilung Biologische Abluftreinigung, Dissertation, 2005

[Schwedt, G].: Toxikologisches Lexikon zum Umweltchemikalienrecht. – 1. Aufl. – Würzburg: Vogel, 1996

[Serani, 2006], Serani, Dzevrije Sabani (2006) Experimentelle Prüfung verschiedener Methoden der quantitativen Bestimmung gesamtcoliformer und fäkalcoliformer Bakterien (*E. coli*) für die qualitative Bewertung von Wasserproben .83 Hamburg, Hochschule für angewandte Wissenschaft Hamburg, Biotechnologie, Diplomarbeit

URL-1 (29/04/2013): Vowalon Beschichtung GmbH Flammkaschierung URL: <http://www.vowalon.de/>

URL-2 (26.07.2004) Dr. Bryonie, Dieter dieter.bryniok@igb.fraunhofer.de : Biologischer Abbau von Cyanid und komplexen Cyanidverbindungen.URL: http://www.igb.fraunhofer.de/WWW/GF/Bioremediation/dt/GFBU_24_Cyanid.dt.html

URL-3 (26/05/2013) Kratzert , Mirjam <E-Mail-Adresse> : Kunststoffe zum Kennenlernen: Polyurethane URL: <http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/urethan.htm>

URL-4 (29/05/2013) : C. H. Müller GmbH © URL: <http://www.chmueller.de/>

Url-5 (29/05/2013) Cixi Rylion PTFE co. ,ltd
URL:<http://www.rylionptfe.com/imgpro/PTFE%20pall%20ring.jpg>

[URL-6] Fraunhofer IGB (01/10/2013) http://www-alt.igb.fraunhofer.de/www/gf/umwelt/abwasserreinigung/dt/CN-Abbau_B1.dt.html

[STFI] Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI), Annaberger Str. 240, 09125 Chemnitz

[Wong-Chong et al., 2006A] Wong-Chong, G.M.; Nakles, D.V.; Luthy, R.G.: Manufacture and the use of cyanide. Dzombak, D.A.; Ghosh, R.S.; Wong-Chon, G.M.[eds] 2006; Cyanide in water and soil; 1. Aufl. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006

[Wong-Chong et al., 2006B] Wong-Chong, G.M.; Ghosh, R.S.J.; Buschey J.T. ; Natural Sources of Cyanide. Dzombak, D.A.; Ghosh, R.S.; Wong-Chon, G.M.[eds] 2006; Cyanide in water and soil; 1. Aufl. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006

[BIA 4/94 und BLU 2004] BIA-Report 4/1995 Isocyanate und Emissionsminderung bei Textilveredelungsanlagen Teil 1 vom bayrischen Landesamt für Umweltschutz, September 2004

[URL-7] Abwasserlexikon (4.11.13) <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/n/nitrifikation.htm>

Herkunft von Medien:

- [1] nach Bryniok, verändert nach Sallat und Lackum, Rezeptur lag im Labor aus
- [2] Anaerobiermedium: Umweltchemisches Hygiene-Wasser-Luft-Umwelt-Chemie-Abfall-Praktikums-Skript (2000) Institut für technischen Umweltschutz, Fachbereich 6, technische Universität Berlin), verändert nach Sallat
- [3] Nitrifikantenmedium: Praktische Übungen zur Hygiene und Mikrobiologie im Grundstudium „Technischer Umweltschutz“ – Technische Universität Berlin (2001), verändert nach Sallat
- [4] Denitrifikanten Praktische Übungen zur Hygiene und Mikrobiologie im Grundstudium „Technischer Umweltschutz“ – Technische Universität Berlin (2001), verändert nach Sallat
- [5] nach Bryniok, verändert nach Sallat und Lackum, Rezeptur lag im Labor aus, verändert nach Wilfert
- [6] Denitrifikantenkontrollmedium Praktische Übungen zur Hygiene und Mikrobiologie im Grundstudium „Technischer Umweltschutz“ – Technische Universität Berlin (2001), verändert nach Sallat

Anhang

Tabelle 1 McCrady-Tabelle zur Auswertung

McCRADY-Tabelle

Höchstwahrscheinliche Keimzahl (most probable number, MPN) pro ml bei 3 bzw. 5 Parallelröhrchen je Verdünnungsstufe.

Positive Röhrchen pro			MPN		Kategorie	Vertrauensbereich $\geq 95\%$	
1 ml (10 ⁰)	0,1 ml (10 ⁻¹)	0,01 ml (10 ⁻²)	3 Röhrchen pro Verdünnungsstufe	5 Röhrchen pro Verdünnungsstufe			
0	0	0	< 0,3	< 0,2		0,00	1,1
0	0	1	0,3	0,2	3	0,00	1,1
0	1	0	0,3	0,2	2	0,00	1,2
0	2	0	—	0,4	3	0,08	2,0
1	0	0	0,4	0,2	1	0,01	2,0
1	0	1	0,7	0,4	2	0,08	2,0
1	1	0	0,7	0,4	1	0,09	2,2
1	1	1	1,1	0,6	3	0,3	3,6
1	2	0	1,1	< 0,6	2	0,3	3,6
2	0	0	0,9	0,5	1	0,1	3,6
2	0	1	1,4	0,7	2	0,3	3,6
2	1	0	1,5	0,7	1	0,3	4,3
2	1	1	2,0	0,9	2	0,3	4,4
2	2	0	2,1	0,9	1	0,3	4,6
2	2	1	2,8	—	3	0,7	11,1
2	3	0	—	1,2	3	0,7	11,1
3	0	0	2,3	0,8	1	0,3	11,1
3	0	1	3,9	1,1	1	0,7	12,1
3	0	2	6,4	—	3	1,3	20,0
3	1	0	4,3	1,1	1	0,7	20,0
3	1	1	7,5	1,4	1	1,4	23,0
3	1	2	12,0	—	3	3,0	37,0
3	2	0	9,3	1,4	1	1,6	36,0
3	2	1	15,0	1,7	1	3,0	44,0
3	2	2	21,0	—	2	3,0	47,0
3	3	0	24,0	—	3	7,0	122,0
3	3	1	46,0	—	1	4,0	122,0
3	3	2	110,0	—	1	7,0	235,0
3	3	3	$\geq 110,0$	—	1	20,00	480,0
4	0	0	—	1,3			
4	0	1	—	1,7			
4	1	0	—	1,7			
4	1	1	—	2,1			
4	1	2	—	2,6			
4	2	0	—	2,2			
4	2	1	—	2,6			
4	3	0	—	2,7			
4	3	1	—	3,3			
4	4	0	—	3,4			
5	0	0	—	2,3			
5	0	1	—	3,1			
5	0	2	—	4,3			
5	1	0	—	3,3			
5	1	1	—	4,6			
5	1	2	—	6,3			
5	2	0	—	4,9			
5	2	1	—	7,0			
5	2	2	—	9,4			
5	3	0	—	7,9			
5	3	1	—	11,0			
5	3	2	—	14,0			
5	3	3	—	18,0			
5	4	0	—	13,0			
5	4	1	—	17,0			
5	4	2	—	22,0			
5	4	3	—	28,0			
5	4	4	—	35,0			
5	5	0	—	24,0			
5	5	1	—	35,0			
5	5	2	—	54,0			
5	5	3	—	92,0			
5	5	4	—	160,0			
5	5	5	—	$\geq 240,0$			

Tab. 1: McCrady-Tabelle

Die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens einzelner Röhrchenkombinationen ist in der Tabelle mit den Kategorien 1 bis 3 angegeben.

Kategorie 1: Am wahrscheinlichsten vorkommende Röhrchenkombinationen. Andere Kombinationen werden mit einer Wahrscheinlichkeit von höchstens 5% erhalten.

Kategorie 2: Weniger wahrscheinlich als in Kategorie 1 vorkommende Röhrchenkombinationen. Andere Kombinationen als in Kategorie 1 und 2 werden mit einer Wahrscheinlichkeit von höchstens 1% erhalten.

Kategorie 3: Noch weniger wahrscheinlich als in Kategorie 2 vorkommende Röhrchenkombinationen. Andere Kombinationen als in Kategorie 1 bis 3 werden mit einer Wahrscheinlichkeit von höchstens 0,1% erhalten.

Röhrchenkombinationen, die nach der Wahrscheinlichkeit ihres Vorkommens noch unterhalb der Grenze der Kategorie 3 liegen, sind in der Tabelle nicht enthalten. Beispielsweise weisen Röhrchenkombinationen wie 002, 003, 011, aber auch 303 und 123 auf eine fehlerhafte Methodik oder einen ungeeigneten Einsatzbereich des MPN-Verfahrens hin.

Bestimmung von Ammonium mit Berthelots Reaktion

Tools

Ammonia colorimetric

Laboratory Methods / B. Künzi & K. Mar

Ammonium mit Berthelots Reaktion

Prinzip

Die Probe wird mit Tartrateagens (Reagens 1) auf pH 13 alkalisiert. Bei diesem pH liegt Ammonium zu 100% als Ammoniak vor. Dieses reagiert mit Hypochlorit (Reagens 2) quantitativ zu Monochloramin. Als nächstes kondensiert Monochloramin mit Thymol (2-Isopropyl-5-methylphenol (Reagens 3) zu N-Chlor-2-isopropyl-5-methylchinonmonoimin. Die Reaktion wird durch Nitroprussid-Natrium (Dinatrium-pentacyanonitrosylferrat, ebenfalls Reagens 3) katalysiert. Schliesslich reagiert das Chinonmonoimin mit einem weiteren Thymolmolekül zum entsprechenden Indophenol, welches im alkalischen Milieu in der blauen Basenform vorliegt. Der Farbstoff absorbiert bei 690 nm.

Die Reaktion wird auch 'Berthelots Reaktion' genannt.

Anwendungsbereich/Störungen

Der Test misst Ammoniumkonzentrationen in einem Bereich von 1.7-170 µM. Sulfidkonzentrationen >30 mM sowie Sulfatgehalte >10 mM stören den Test. Um Ad- und Desorptionsprozesse zu vermeiden, werden statt Glaswaren Reaktionsgefässe aus Polystyrol verwendet.

Daten zur Ammoniumeichkurve

Substanz	Ammonium
Eichgerade:	$y = -0.28911 + 82.741x$ $R^2 = 1.00$
Gültigkeitsbereich (µM)	1-42
LODC (µM)	0.29
Rel. Standardfehler <5% (µM)	1.1-42
Rel. Standardfehler >5% (µM)	1-1.1

LODC lowest quantitatively determinable concentration

Vorgehen

- **Probenkonservierung**
Die Wasserprobe wird partikelfrei (0.45 µm Porengrösse des Filters) filtriert und muss nach wenigen Stunden analysiert werden.
- Durch Zugabe von 5 Tropfen einer 0.2%igen Quecksilber-II-nitratlösung (hergestellt aus 2g Hg(NO₃)₂ pro Liter) ist die Probe mehrere Monate haltbar (in dunkler, bis unter den Verschluss gefüllter Glasflasche). Wenn immer möglich ist diese Konservierung zu vermeiden, da dadurch Abfälle entstehen, die besondere Sorgfalt bei der Entsorgung bedingen.
- 5 ml partikelfrei filtrierte und während 10 Minuten begaste Seewasserprobe in 10 ml Polystyrolröhrchen füllen.
- Zugabe von 0.6 ml Reagens 1, mischen.
- Zugabe eines Mikrolöffels Reagens 2, mischen, 4 Minuten stehen lassen.
- Zugabe von 200 µl Reagens 3, mischen, mindestens 4 Minuten stehen lassen.
- Messung der Absorption in einer 1 cm-Küvette bei 690 nm gegen Blindwert.
- **Standards**
Als Stammlösung für die Eichkurve wird ein Standard von 1 g NH₄⁺/l = 2.97 NH₄Cl verwendet.

Hinweise

Die Farbentwicklung erreicht nach 3 Minuten 98 % der Endextinktion und ist zwischen 5 und 50 Minuten maximal, die Reaktionen sollten zwischen 20 und 35°C ablaufen.

Literatur

- Merck-Schnelltest Spectroquant 14752.

Microbial Ecology Group/ University of Zürich, Institute of Plant Biology/Microbiology, Zollikerstr. 107, CH-8008 Zürich
Tel. +41 1 634 82 84 or +41 1 634 82 11 / Fax +41 1 634 82 04 / <http://www.unizh.ch/~microeco/>

Abbildung 52 Bestimmung von Ammonium mit Berthelots Reaktion

Tabelle 2 Zusammenfassung MPN-Ergebnisse

Vow	Anaerobier	Aerobier	Denitrifikanten	Cyanidabbauer		nitrat	ammonium	phospha
1	1100000,00	24000000,00	1100000,00	1100000,00		3,61	233,2	17,2
3		460000000,00	70000,00	4300000,00		1,93	29,1	3,83
5						2,77	114,3	0,68
7	14000,00	24000000,00	240,00	4600000,00		3,58	137,15	2,97
9	430000,00	4300000,00	11000000,00	1100000000,00		4,22	121,1	0,755
11	9300000,00	1500000000,00	240000,00	200000,00		4,01	84,4	13,59
13	28000000,00	110000000000,00	4600000,00	110000000000,00		3,64	141,4	7,76
15	210000000,00	110000000000,00	1500000000,00	110000000000,00		4,44	145,4	15,845
17		110000000000,00		110000000000,00		5,13	197,3	15,195
19		7000000000,00		110000000000,00		10,22	65,5	#NV
21						3,89	47,25	7,22
23		110000000000,00				9,04	0	3,88
CHM	Anaerobier	Aerobier	Denitrifikanten	Cyanidabbauer				
1	460000,00	24000000,00	43000,00	24,00		3,19	71,8	3,4
3		75000000,00	0,90	110000,00		2,74	82,7	1,2
5		1500000,00		240000,00		2,67	123,5	2,2
7	1500000,00	46000000,00	240,00	11000000,00		3,52	91,2	1,9
9	2100000,00	46000000,00	4600000,00	1100000000,00		3,66	57,3	1,5
11	7500000,00	12000000000,00	200000,00	110000000000,00		3,35	59,0	0,6
13	1100000000,00	110000000000,00	2,10	110000000000,00		3,73	43,7	3,3
15	110000000000,00	110000000000,00	110000000000,00	46000000000,00		2,55	44,5	0,6
17		110000000000,00		110000000000,00		2,15	60,9	1,5
19		7000000000,00		110000000000,00		2,81	27,0	0,2
21		110000000000,00		110000000000,00		3,56	1,9	0,4
23		110000000000,00				3,76	22,9	0,7
lbcI	Anaerobier	Aerobier	Denitrifikanten	Cyanidabbauer				
1		210000000	9,3	11000000		8,42	7,1	2,575
3		46000000		20000000		1,9	101,9	13,95
5	700000	110000000	4600000	2400000		4,41	71,9	3,245
7	150000	15000000	2400000	1100000000		4,36	38,1	6,96
9	21000	1,1E+11	210000	1,1E+11		4,26	61,9	7,625
11	20000000	11000000000	4600	1,1E+11		3,81	117,9	11,61
13	210000	46000000000	1,1E+11	4600000		4,46	69,5	11,21
15		1,1E+11		1,1E+11		2,74	24,4	8,09
17		1,1E+11		1,1E+11		1,38	57,0	23,13
19		1,1E+11		1,1E+11		4,63	18,3	6,985
21		1,1E+11				3	17,5	10,155
23		1,1E+11				3,46	46,9	11,48

Tabelle 3 Daten MPN 08.03.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 8.3.13						Legende:	x = Trübung	o = klar	- = keine Daten	
Aerobier										
CHM	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o
VOW	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-
lbcl	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Denitrifikanten										
		aerob								
CHM	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
II	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-
III	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-
VOW	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
lbcl	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anaerobier										
CHM	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
VOW	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
lbcl	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CN-Abbauer										
CHM	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	o	o	o	o	o	-	-	-
II	x	x	o	o	o	o	o	-	-	-
III	x	x	o	o	o	o	o	-	-	-
VOW	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
lbcl	10 ⁻⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
I	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 4 Daten MPN 21.3.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 21.3.13													
Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten g = Gasbildung													
Aerobier													
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
Denitrifikanten anaerob mit kleinen Röhrchen													
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	xg	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
II	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
III	xg	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	xg	xg	xg	xg	xg	o	xg	o	-	-	-	-	-
II	x	xg	o	o	o	o	o	o	-	-	-	-	-
III	xg	xg	xg	xg	o	xg	x	o	-	-	-	-	-
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	xg	xg	x	x	o	xg	xg	xg	-	-	-	-	-
II	xg	xg	xg	x	x	x	xg	o	-	-	-	-	-
III	xg	xg	xg	o	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-
CN-Abbauer													
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²
I	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-

Tabelle 5 Daten MPN 04.04.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 4.4.13												
Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten												
Aerobier												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o
III	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o
CN-Abbauer												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	-	-
II	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	-	-
III	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	-	-
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-
III	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	-	-

Tabelle 6 Daten MPN 13.06.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 13.06.13												
Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten												
Aerobier 26.6. - 03.07. 32°C												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
CN-Abbauer												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 7 Daten MPN 18.04.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 18.04.20														Legende:	x = Trübung	o = klar	- = keine Daten	g = Gasentwicklung
Aerobier																		
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-					
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-					
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-					
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-					
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-					
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-					
lbcI	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-					
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-					
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-					
Denitrifikanten																		
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	xg	xg	xg	o	o	o	o	o	-	-	-	-	-					
II	xg	xg	xg	o	o	o	xg	o	-	-	-	-	-					
III	xg	xg	xg	x	x	o	o	o	-	-	-	-	-					
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	xg	xg	xg	x	x	o	o	-	-	-	-	-	-					
II	xg	xg	xg	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-					
III	xg	xg	xg	x	x	o	o	-	-	-	-	-	-					
lbcI	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-					
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-	-					
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	-	-	-	-	-					
Dentrifikantenkontrollmedium																		
	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²															
lbcI	x	o	o															
CHM	x	o	o															
VOW	o	o	o															
Anaerobier																		
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	o	-	-	-					
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	o	o	o	-	-	-					
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	-	-	-					
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	xg	xg	xg	xg	xg	x	xg	xg	x	o	-	-	-					
II	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	o	o	o	-	-	-					
III	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	xg	o	o	-	-	-					
lbcI	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	o	x	-	-	-					
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	-	-	-					
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	x	o	-	-	-					
CN-Abbauer																		
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-					
II	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-					
III	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-	-					
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-					
II	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-	-					
III	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-	-					
lbcI	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹	10 ⁻¹²					
I	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-	-					
II	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-	-					
III	x	x	x	x	x	x	x	o	-	-	-	-	-					

Tabelle 8 Daten MPN 02.05.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 02.05.20							Legende:		x = Trübung		o = klar		- = keine Daten	
Aerobier														
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	x	x	x	x	x	x	x	o	x	o	-	-	-	
II	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	-	-	-	
III	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	-	-	-	
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-	
II	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	-	-	-	
III	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	-	-	-	
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	-	-	-	
III	x	x	x	x	x	x	x	o	x	o	-	-	-	
Denitrifikanten														
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	xg	xg	xg	g	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-	
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-	-	
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	-	-	-	-	-	
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-	
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-	-	
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-	
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	-	-	-	-	-	
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	-	-	-	-	-	
III	xg	xg	xg	g	xg	xg	xg	x	-	-	-	-	-	
Denitrifikantenkontrollmedium														
	10^0	10^-1	10^-2											
lbcl	x	x	o											
CHM	x	x	x											
VOW	x	x	o											
Anaerobier														
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	xg	xg	xg	x	xg	xg	x	x	-	-	-	-	-	
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-	
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-	-	
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	o	-	-	-	-	-	
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	-	-	-	-	-	
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-	-	
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	x	-	-	-	-	-	
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	-	-	-	-	-	
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-	-	
CN-Abbauer														
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	10^-12	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	

Tabelle 9 Daten MPN 30.05.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 30.05.13

Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten

	12.6. - 18.06. 31°C											
Aerobier	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
CHM	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Denitrifikanten	13.6. - 27.6. 31°C											
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	x	xg	xg	xg	xg	-	-	-	-
II	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	o	-	-	-	-
III	xg	xg	xg	o	o	xg	o	o	-	-	-	-
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	o	-	-	-	-
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	o	-	-	-	-
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	-	-	-	-
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	-	-	-	-
III	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	o	-	-	-	-
Anaerobier	13.06. - 27.6. 30°C											
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	o	-	-
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	-	-
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	xg	o	-	-
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	-	-
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	o	-	-
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	-	-
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	o	o	-	-
II	xg	xg	xg	xg	x	x	x	o	o	o	-	-
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	o	o	-	-
CN-Abbauer	12.6. - 24.6. 31°C											
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o
II	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 10 Daten MPN 27.06.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom 27.06.13						Legende:	x = Trübung	o = klar	- = keine Daten			
Aerobier		5,7-15-7. 30°C										
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o

Tabelle 11 Daten MPN 11.07.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom												
Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten												
Aerobier												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Denitrifikanten												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	o	o	o	o
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	xg	xg	x	o
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
Anaerobier												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	x	x	xg	xg
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg
III	xg	xg	xg	xg	x	x	x	x	xg	xg	xg	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	o	x
II	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	o
III	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	x	x
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	xg	xg	xg	xg	xg	xg	xg	x	x	x	x	xg
II	xg	xg	xg	xg	x	xg	x	x	x	x	x	xg
III	xg	xg	xg	xg	xg	x	xg	x	xg	x	xg	x
CN-Abbauer												
CHM	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
lbcl	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 12 Daten MPN 26.07.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom						Legende:		x = Trübung o = klar		- = keine Daten			
Aerobier													
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	
II	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	o	o	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
CN-Abbauer													
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11	
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Tabelle 13 Daten MPN 8.8.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom					Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten							
Aerobier												
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CN-Abbauer												
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	x	o

Tabelle 14 Daten MPN 22.8.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom						Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten								
Aerobier														
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11		
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11		
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11		
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

Tabelle 15 Daten MPN 5.9.2013

MPN-Methode CHM, VOW, Probe vom					Legende: x = Trübung o = klar - = keine Daten							
Aerobier												
CHM	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VOW	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
lbcl	10^0	10^-1	10^-2	10^-3	10^-4	10^-5	10^-6	10^-7	10^-8	10^-9	10^-10	10^-11
I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
III	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

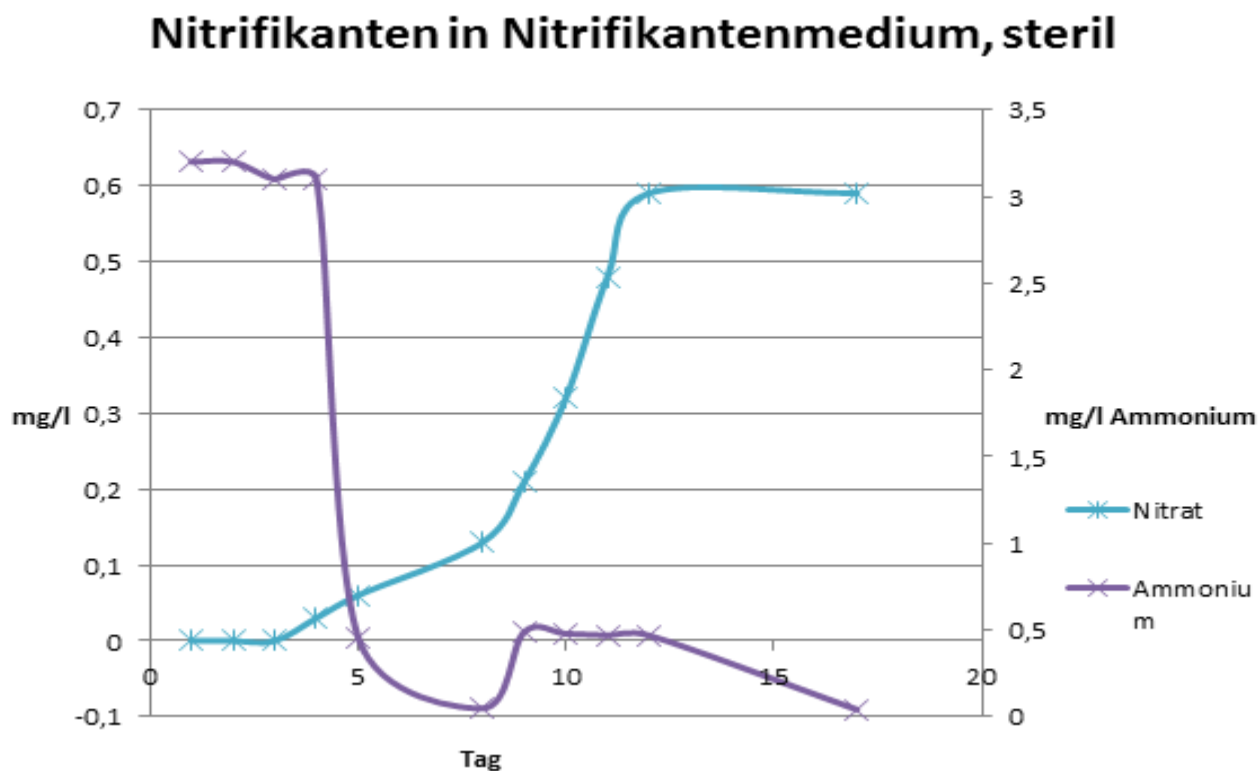


Abbildung 53 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz, Nitrat und Ammonium

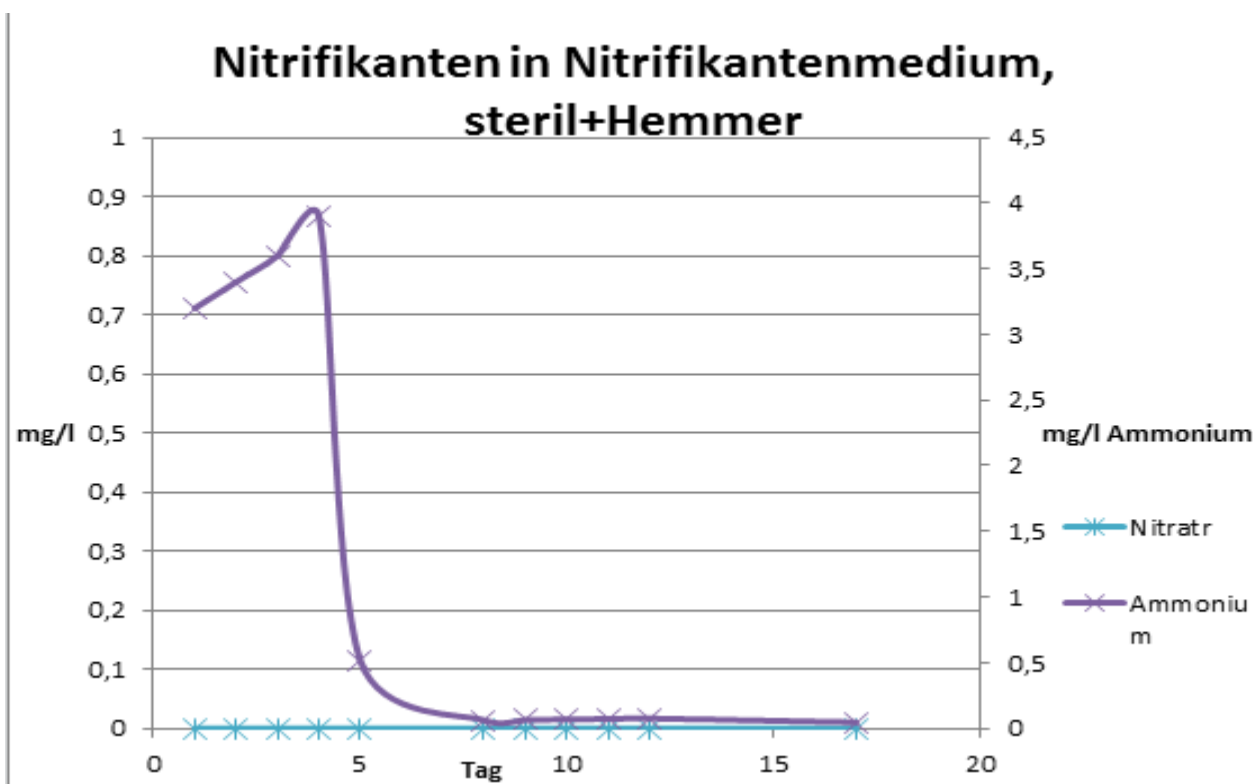


Abbildung 54 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz + Hemmer, Nitrat und Ammonium

Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Ansatz I

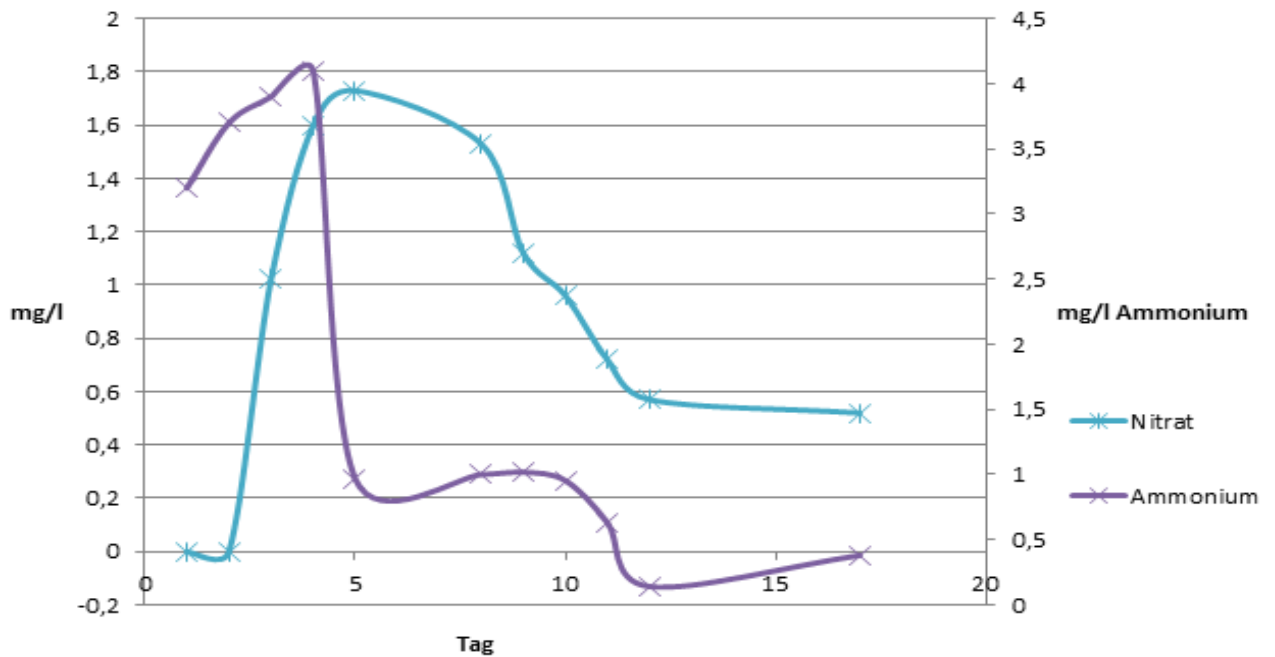


Abbildung 55 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I, Nitrat und Ammonium

Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Ansatz II

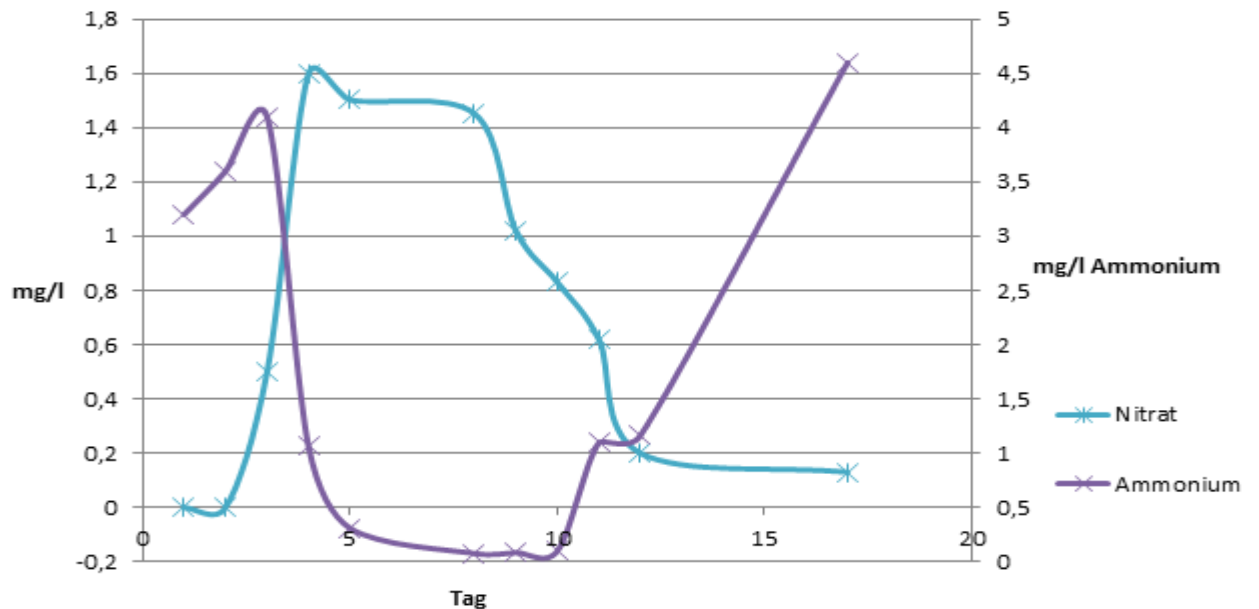


Abbildung 56 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II, Nitrat und Ammonium

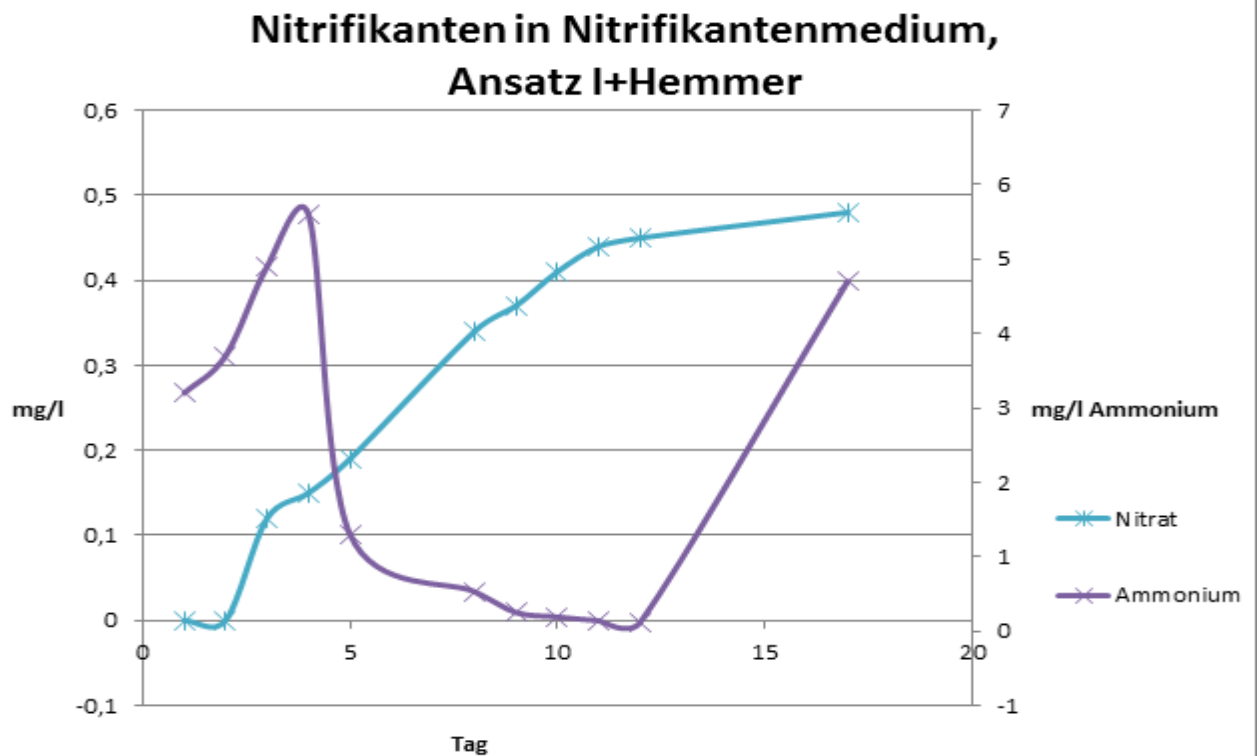


Abbildung 57 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I + Hemmer, Nitrat und Ammonium

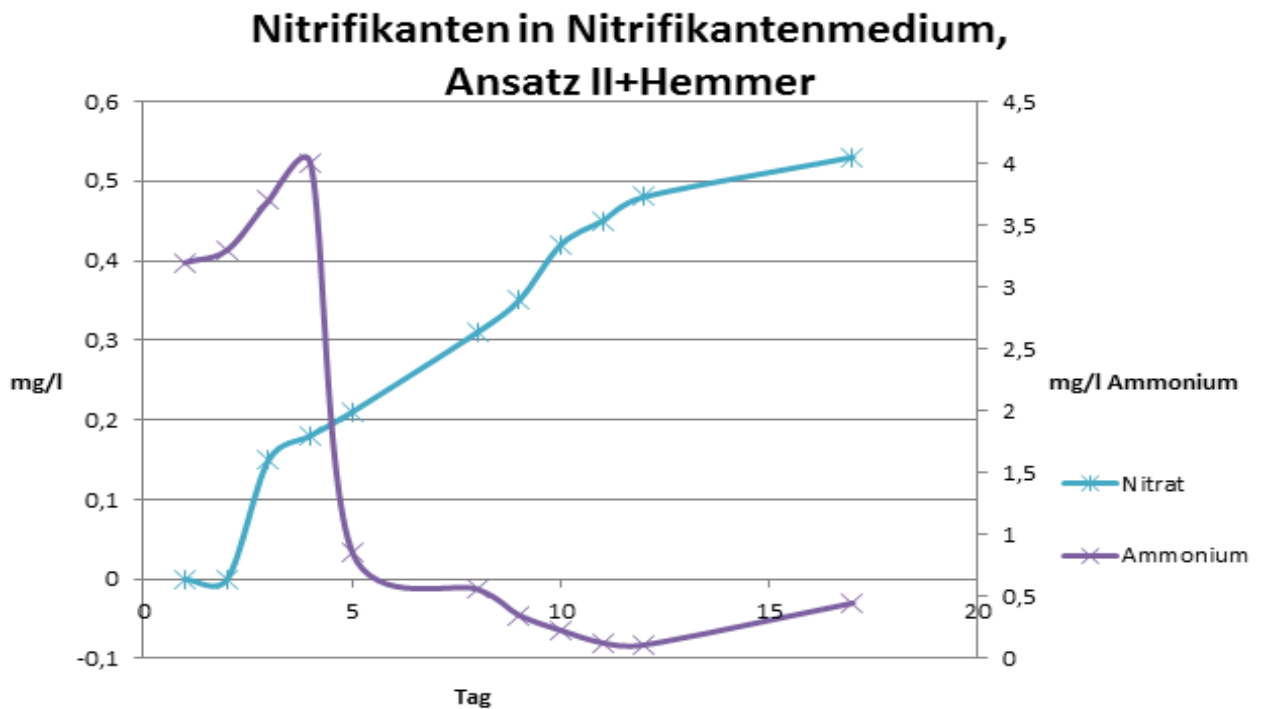


Abbildung 58 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II + Hemmer, Nitrat und Ammonium

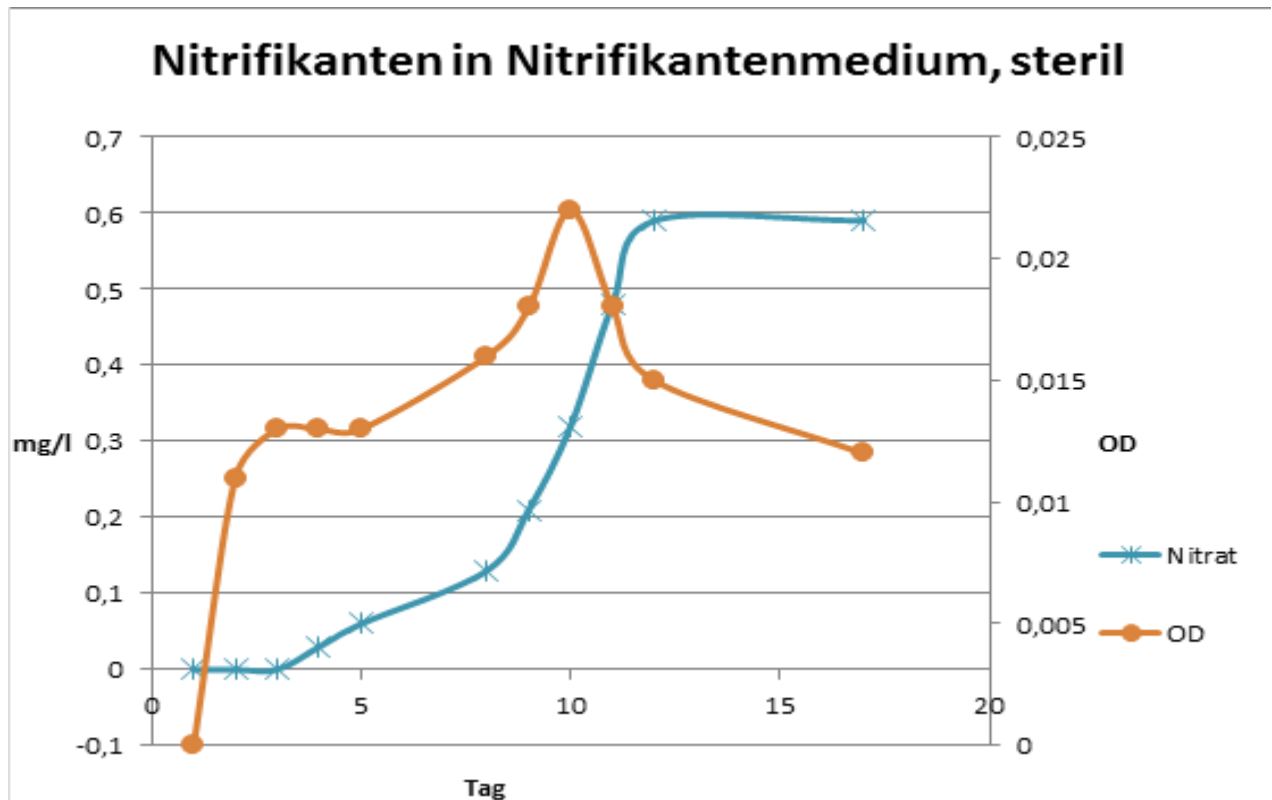


Abbildung 59 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz, Nitrat und optische Dichte

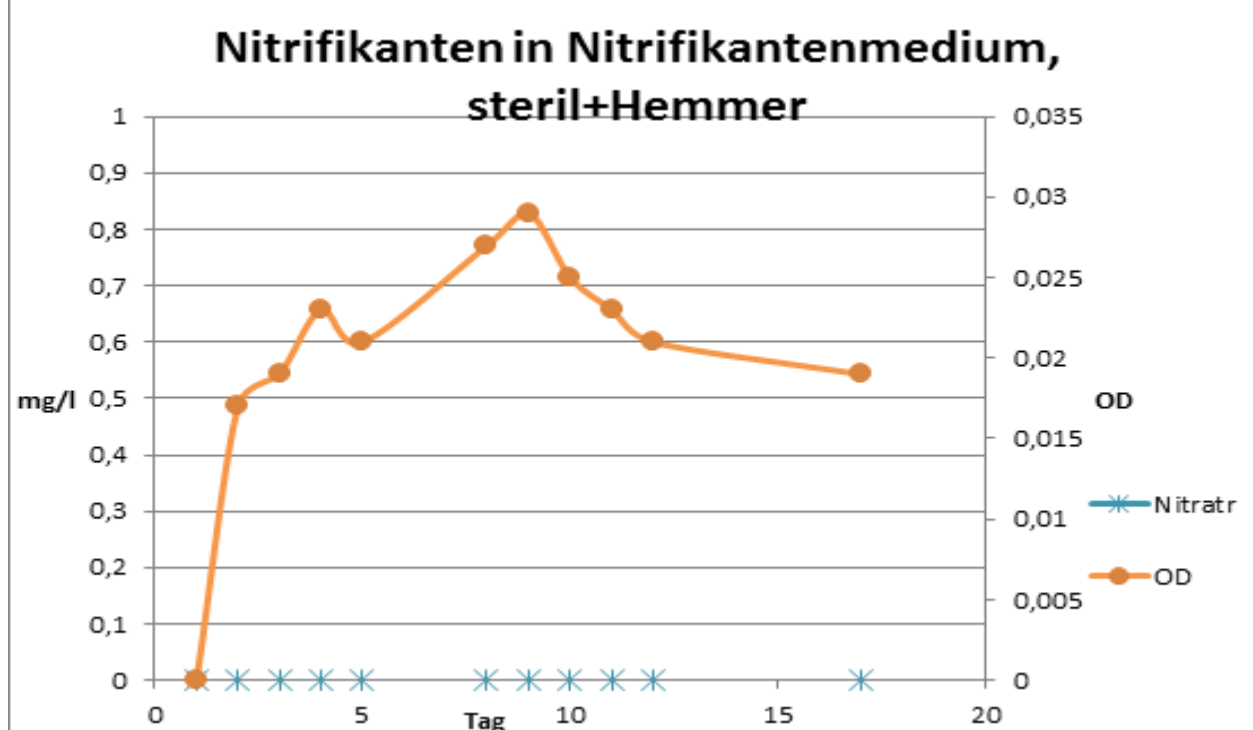


Abbildung 60 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Sterilansatz + Hemmer, Nitrat und optische Dichte

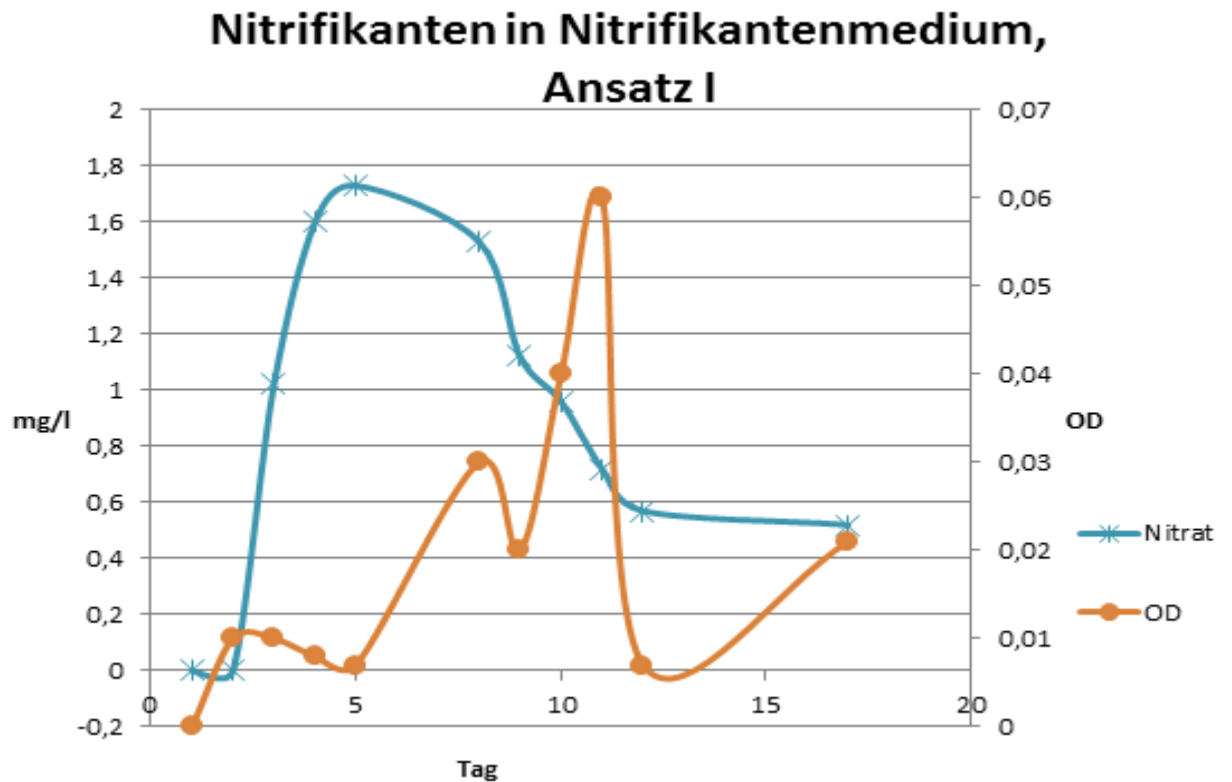


Abbildung 61 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I, Nitrat und optische Dichte

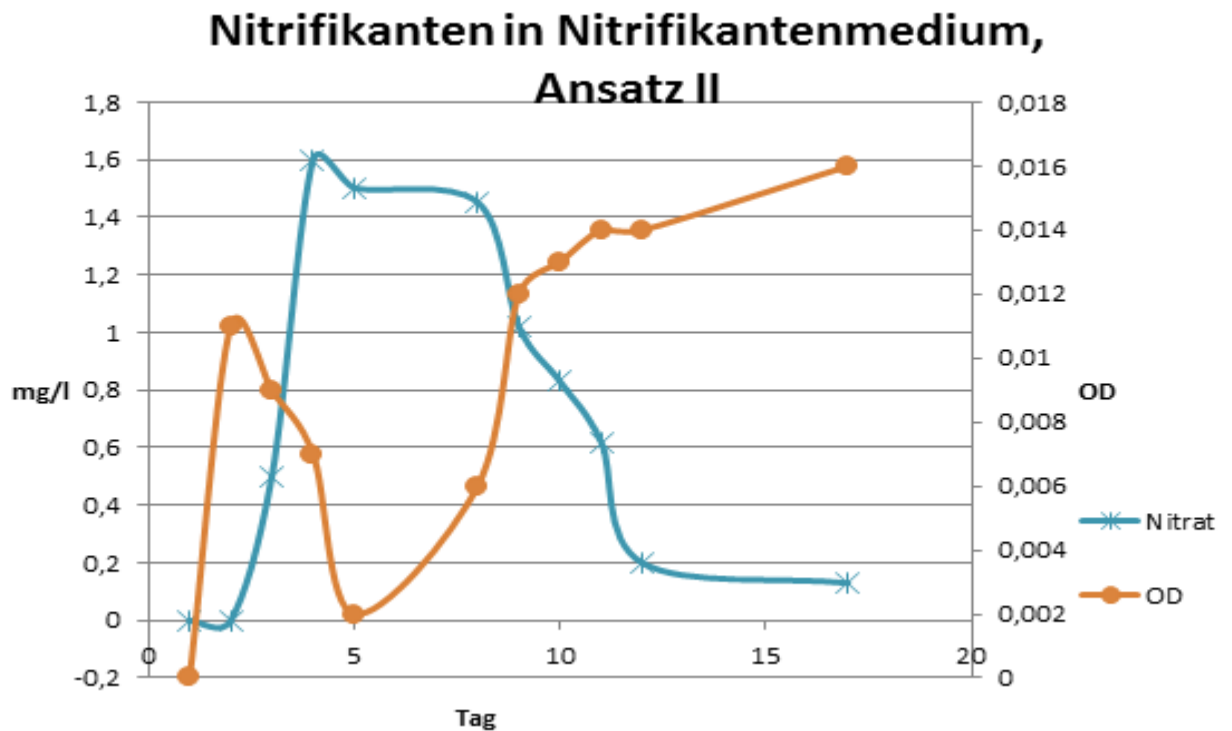


Abbildung 62 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II, Nitrat und optische Dichte

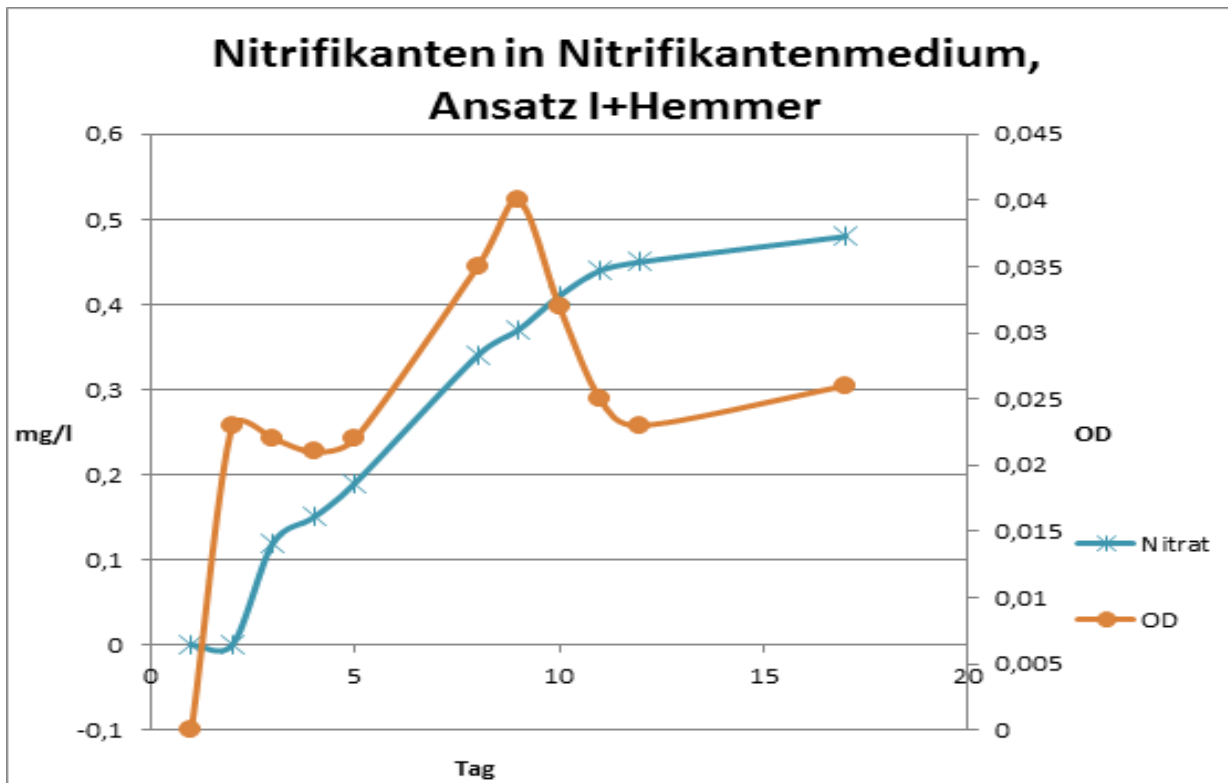


Abbildung 63 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz I + Hemmer, Nitrat und optische Dichte

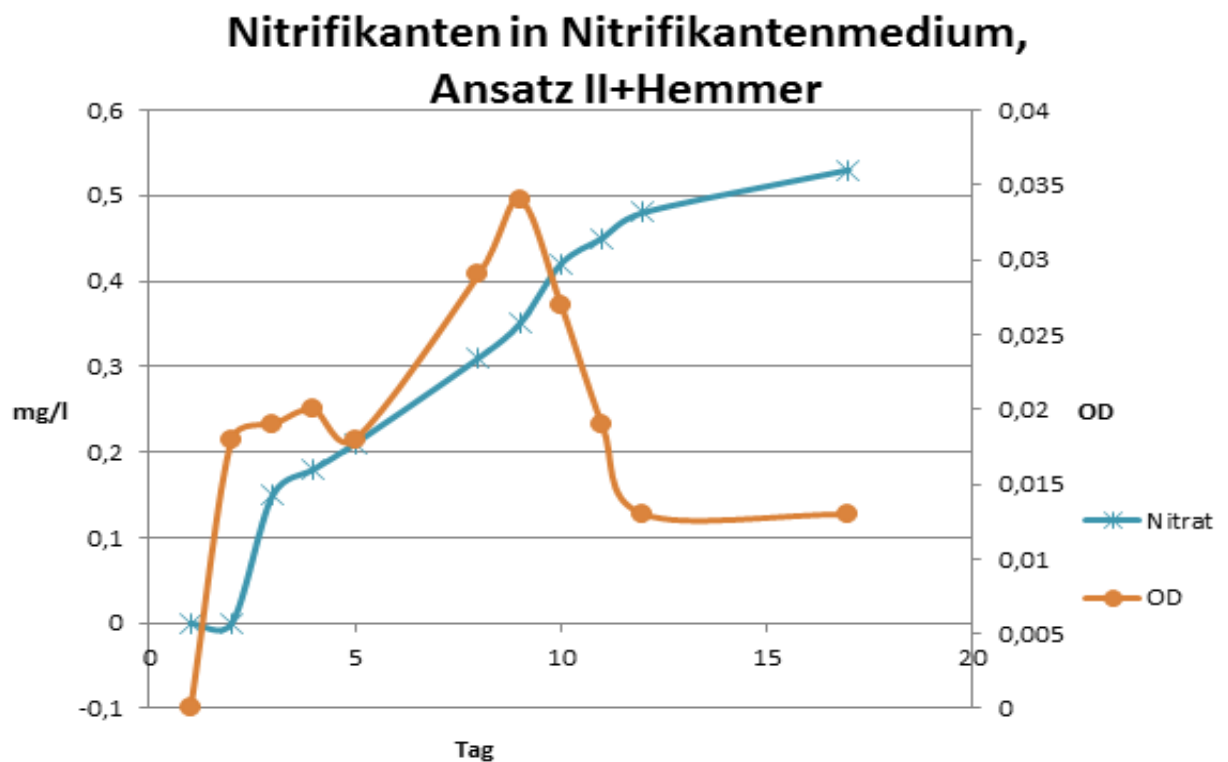


Abbildung 64 Nitrifikanten in Nitrifikantenmedium, Parallelansatz II + Hemmer, Nitrat und optische Dichte

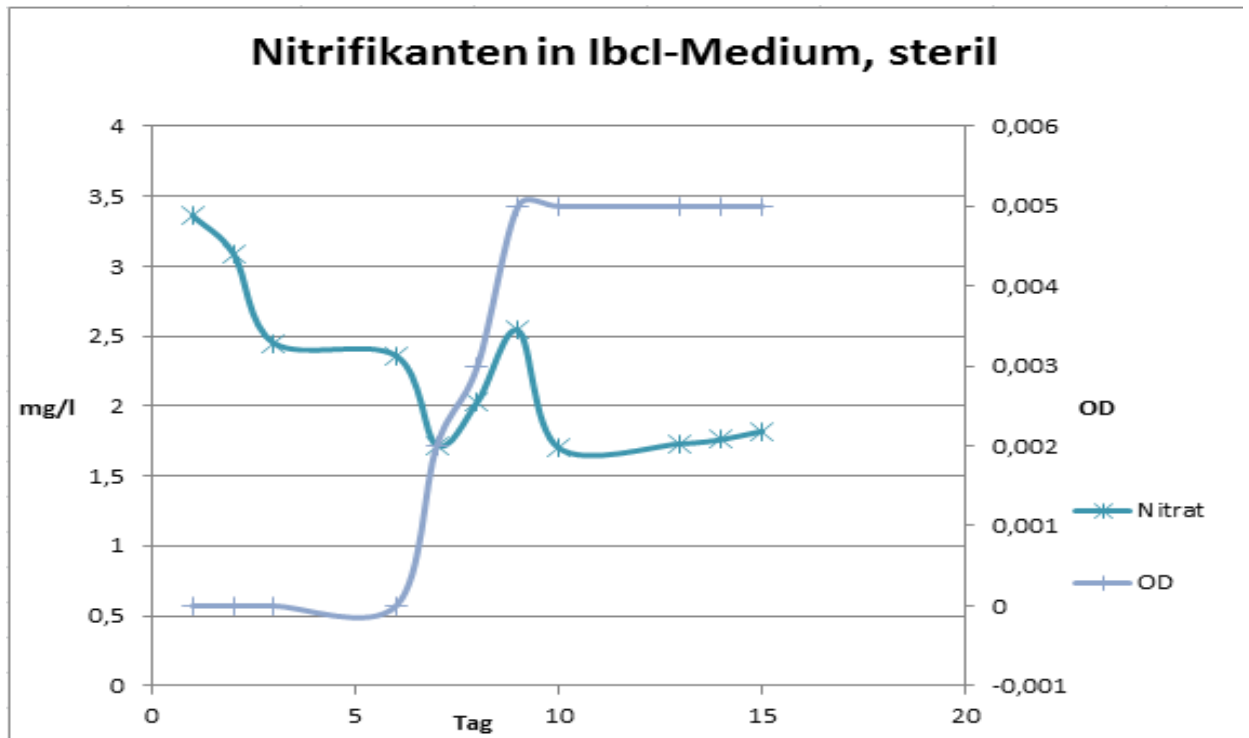


Abbildung 65 Nitrifikanten in Ibcl-Medium, Sterilansatz, Nitrat und optische Dichte

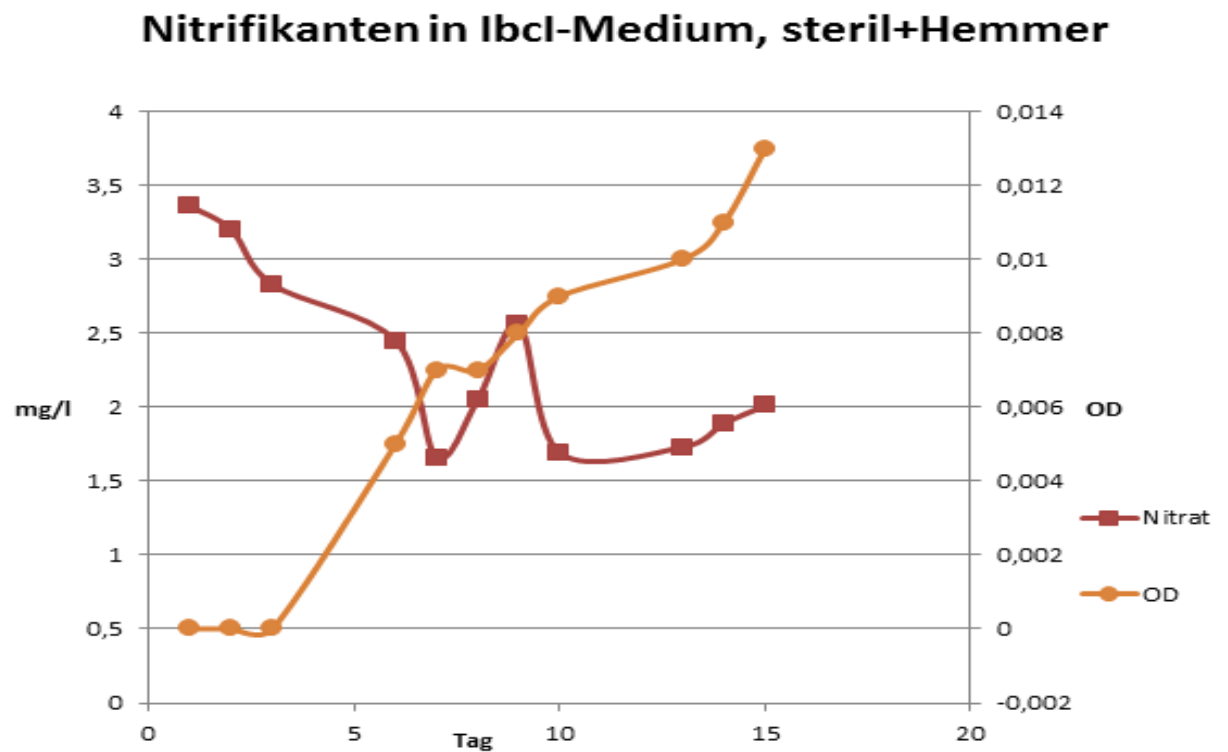


Abbildung 66 Nitrifikanten in Ibcl-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Nitrat und optische Dichte

Nitrifikanten in IbcI-Medium, Ansatz I

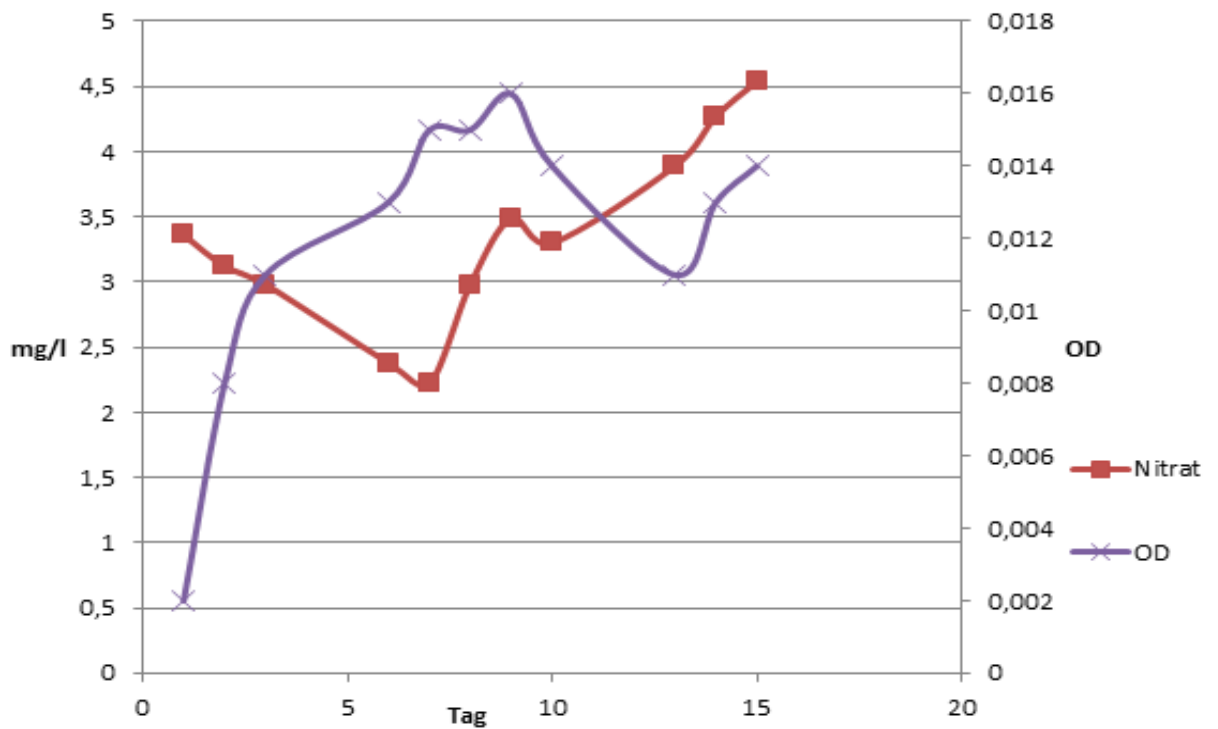


Abbildung 67 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Nitrat und optische Dichte

Nitrifikanten in IbcI-Medium, Ansatz II

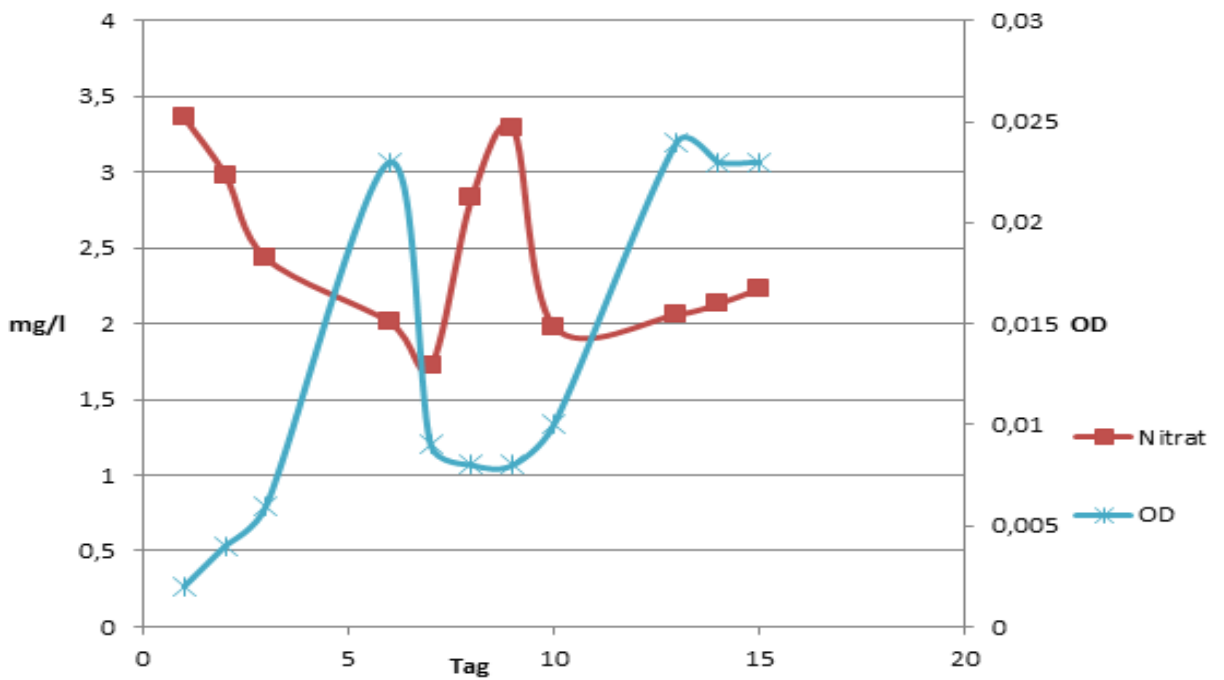


Abbildung 68 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Nitrat und optische Dichte

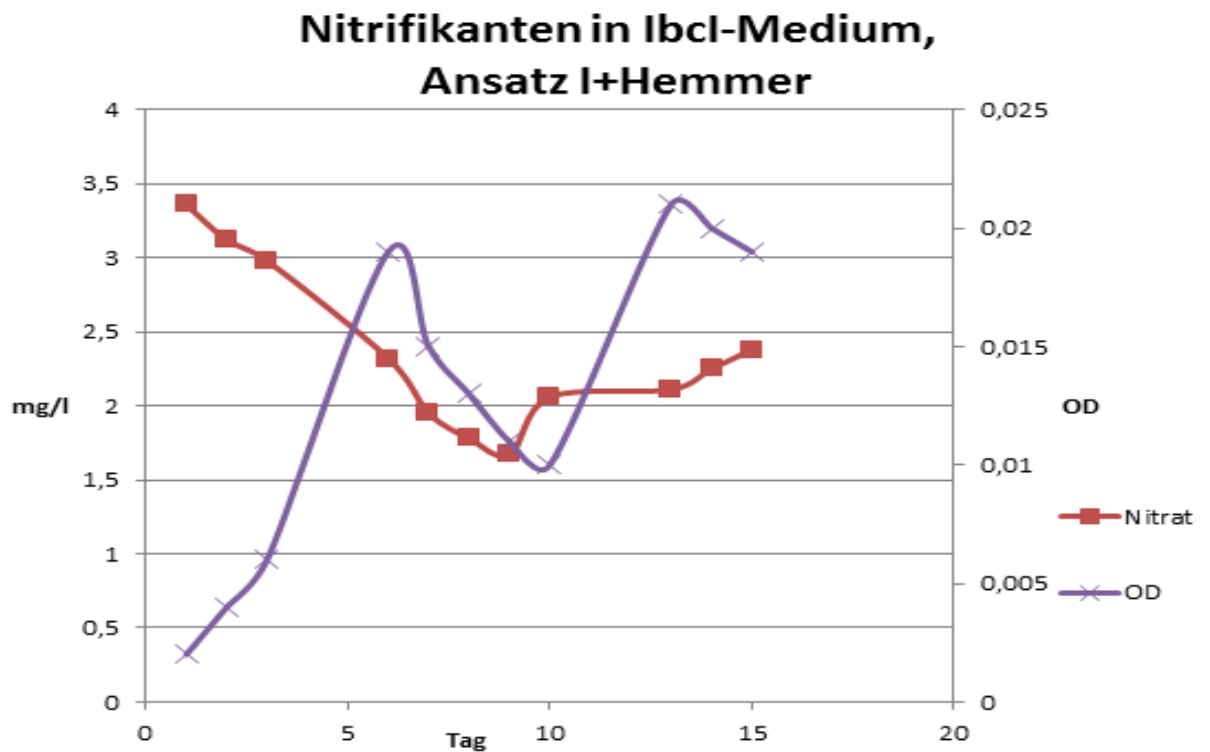


Abbildung 69 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Nitrat und optische Dichte

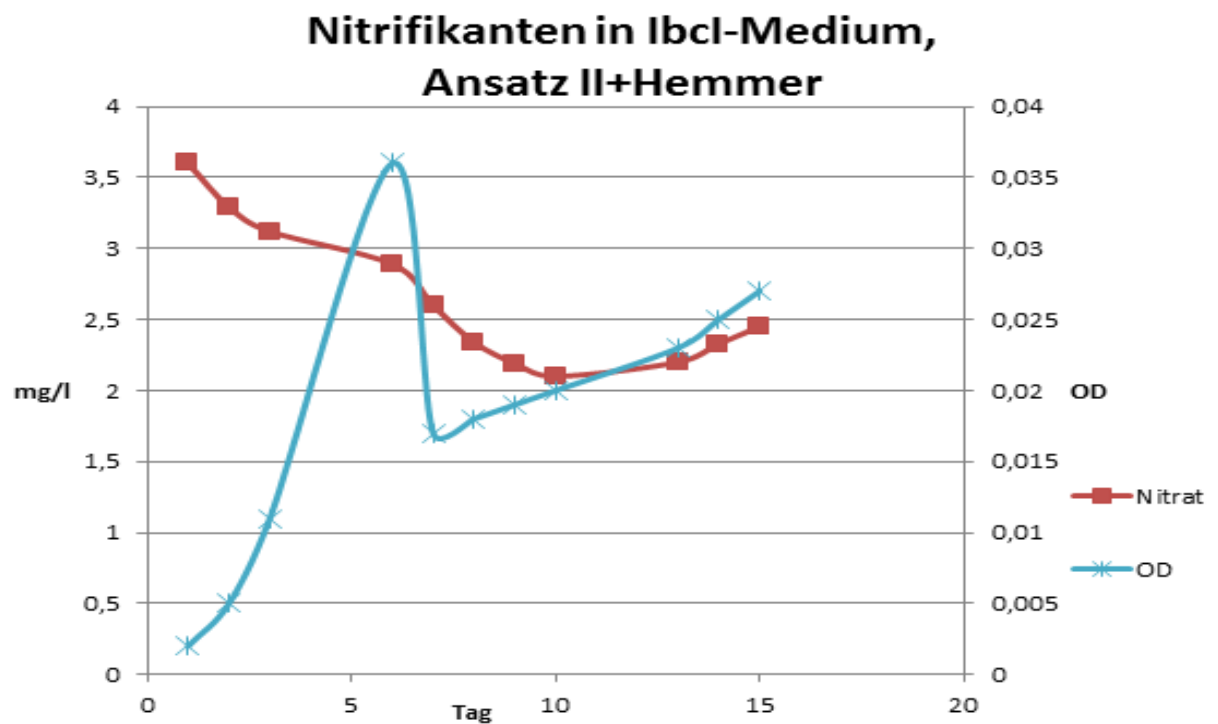


Abbildung 70 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Nitrat und optische Dichte

Nitrifikanten in Ibcl-Medium, steril

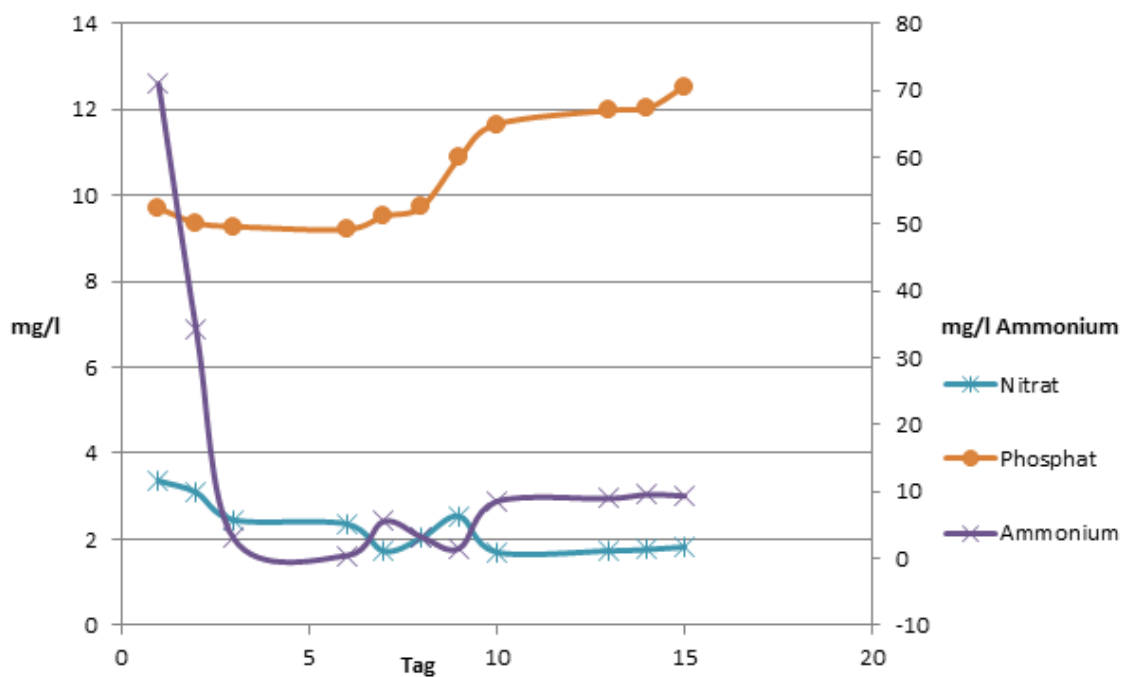


Abbildung 71 Nitrifikanten in Ibcl-Medium, Sterilansatz, Phosphat, Ammonium, Nitrat

Nitrifikanten in Ibcl-Medium, steril+Hemmer

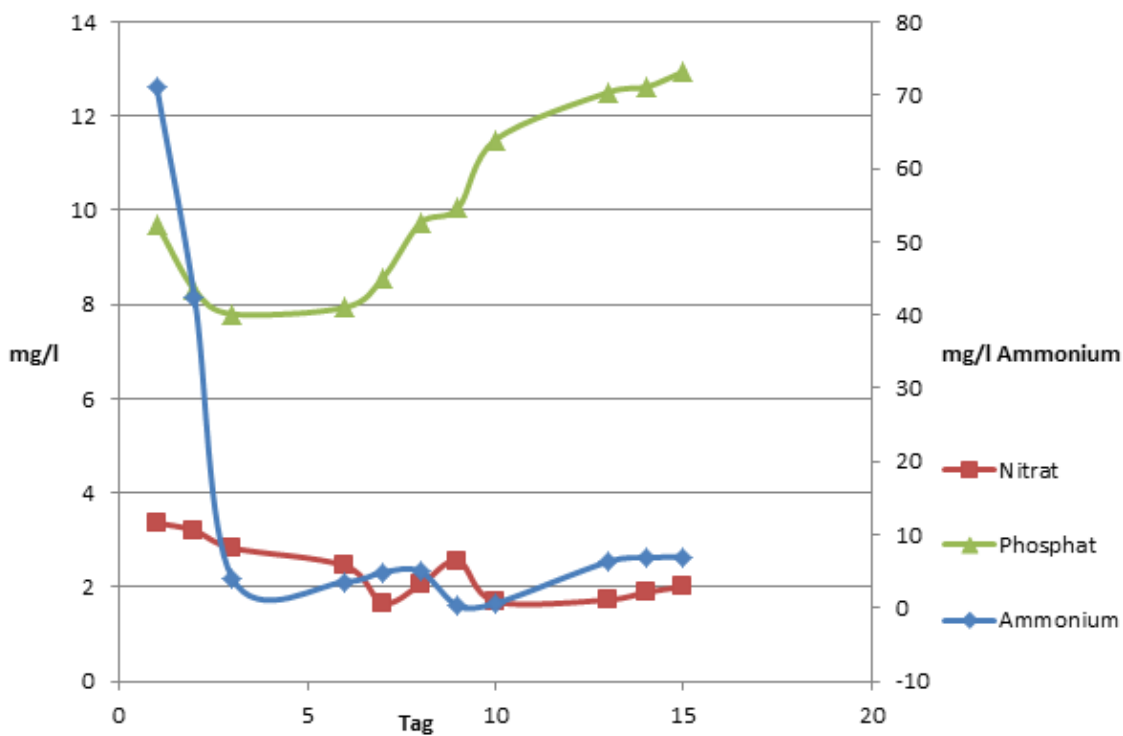


Abbildung 72 Nitrifikanten in Ibcl-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Phosphat, Ammonium, Nitrat

Nitrifikanten in IbcI-Medium, Ansatz I

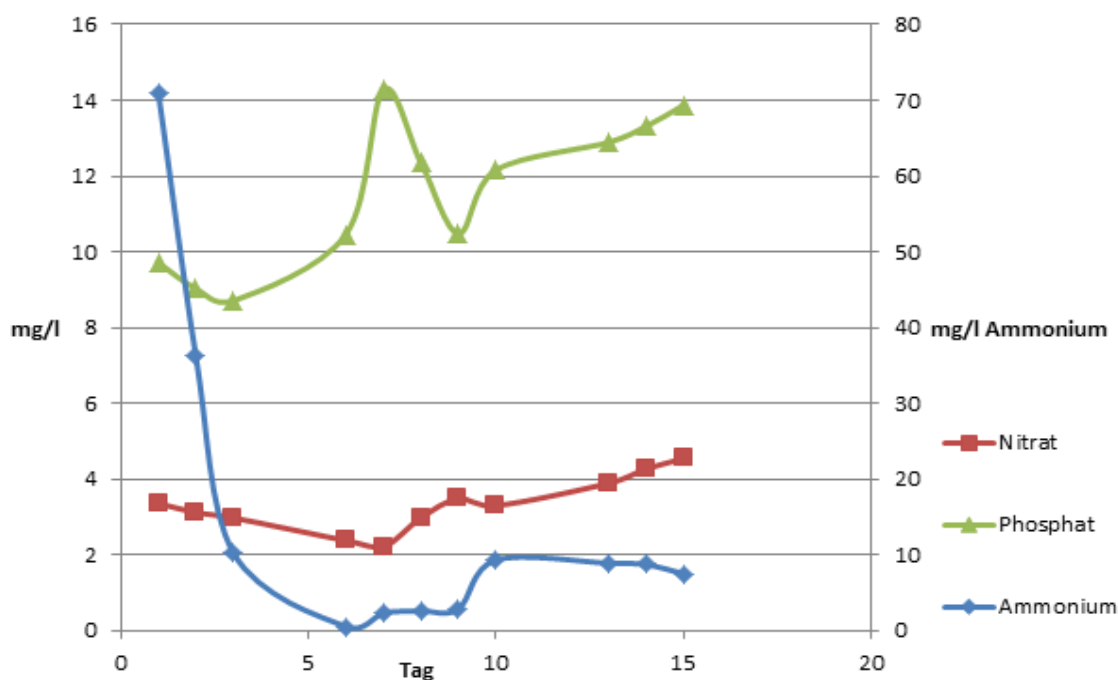


Abbildung 73 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I, Phosphat, Ammonium, Nitrat

Nitrifikanten in IbcI-Medium, Ansatz II

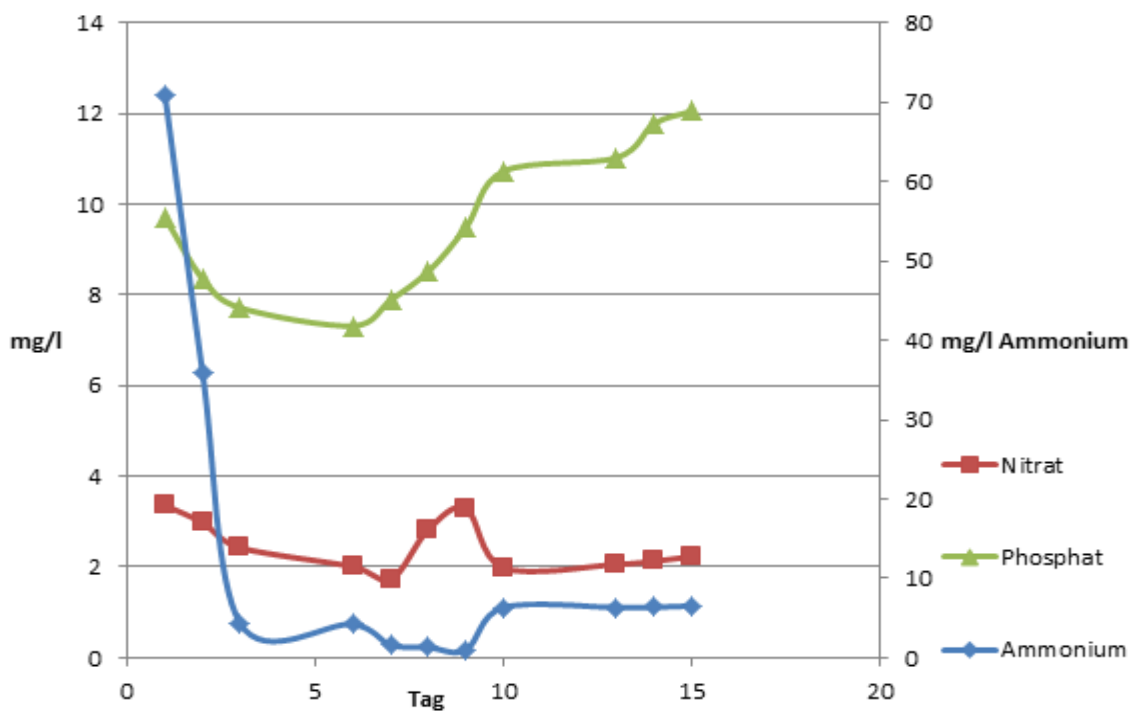


Abbildung 74 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II, Phosphat, Ammonium, Nitrat

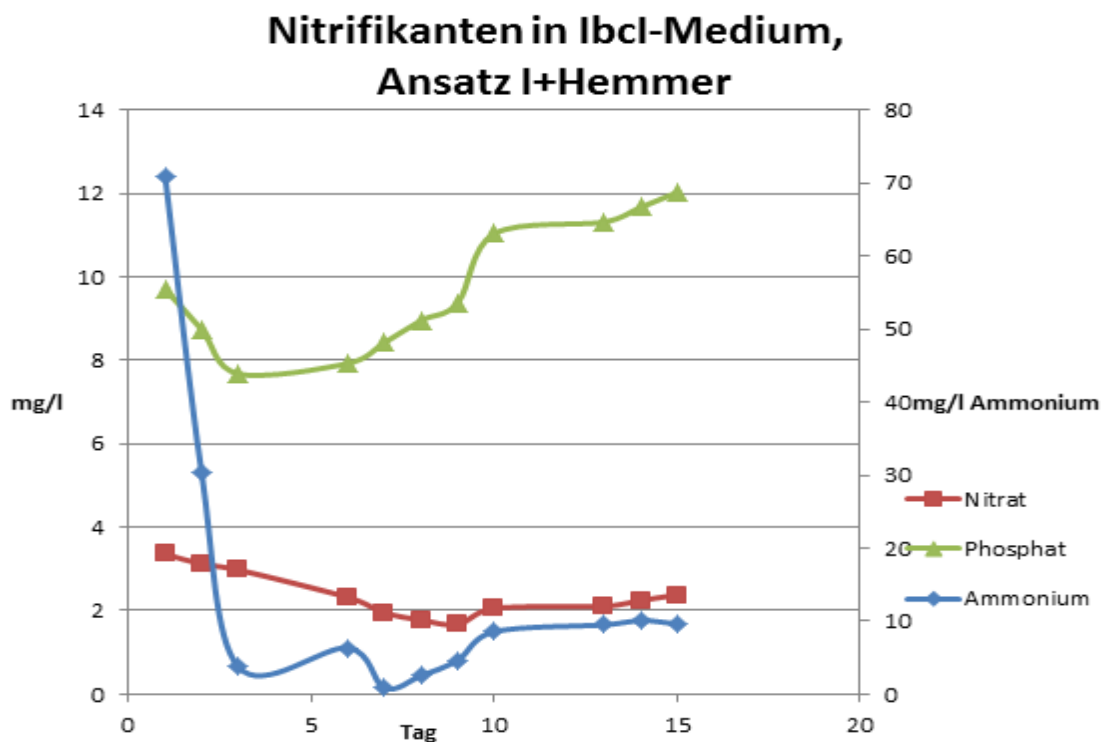


Abbildung 75 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Phosphat, Ammonium, Nitrat

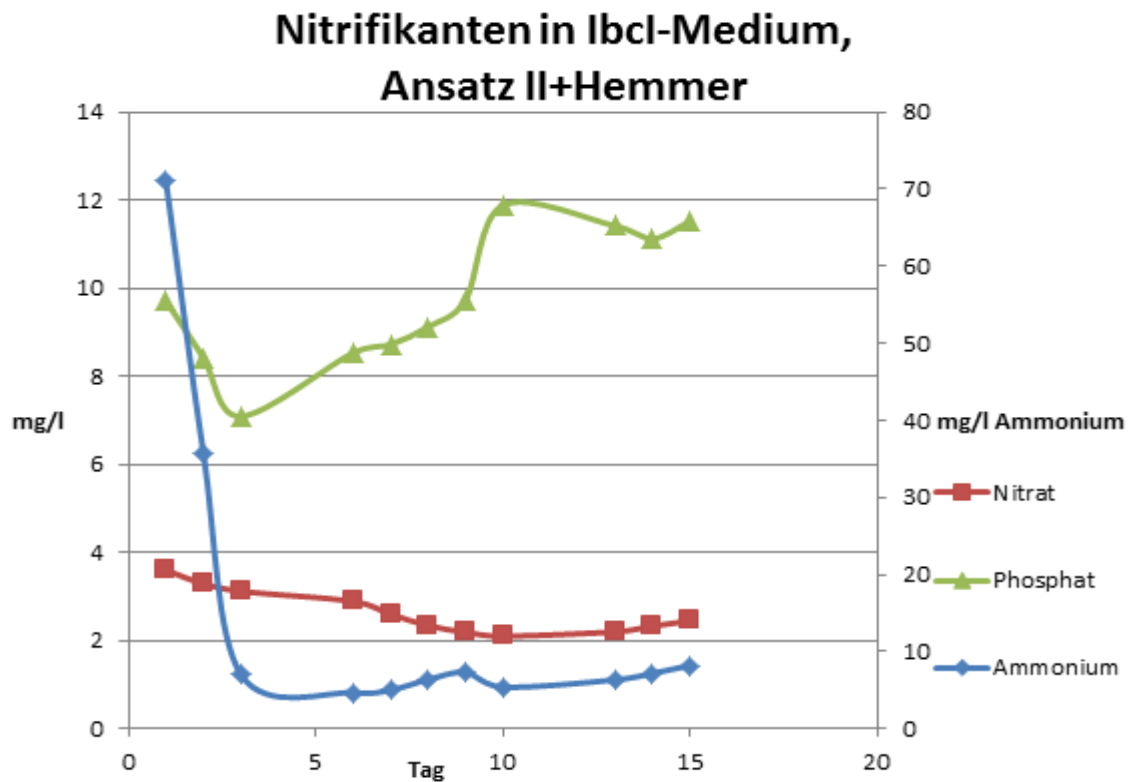


Abbildung 76 Nitrifikanten in IbcI-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Phosphat, Ammonium, Nitrat

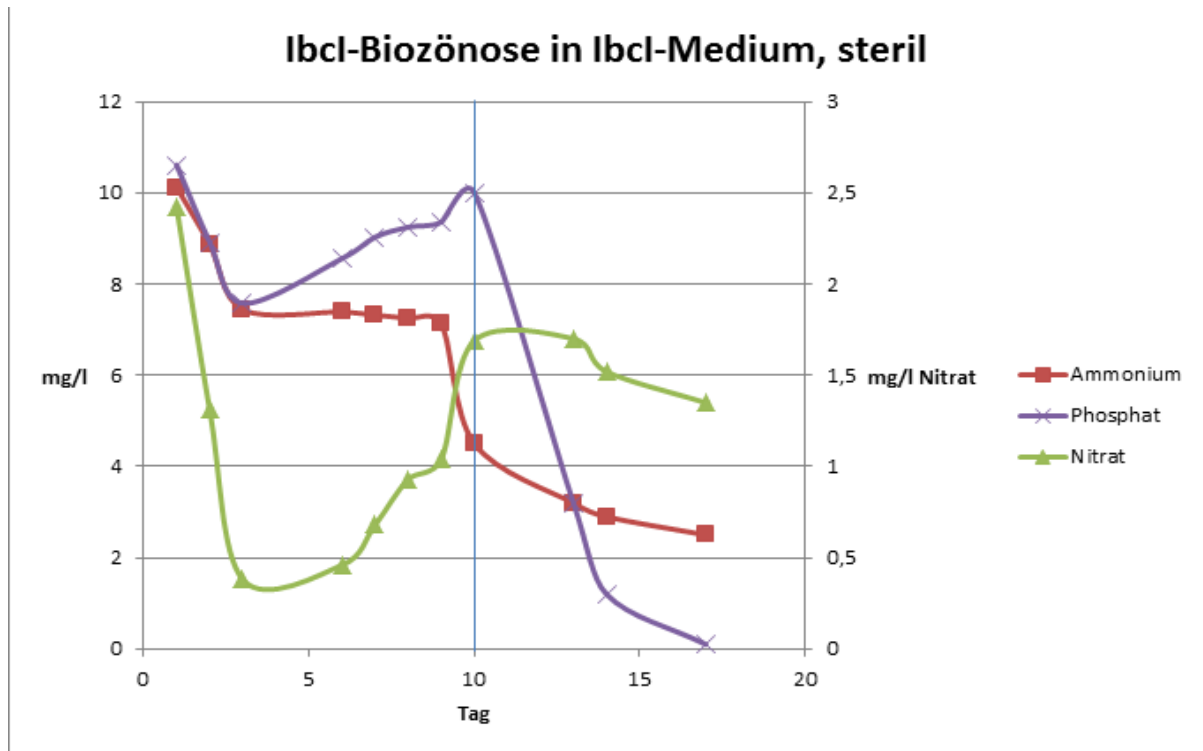


Abbildung 77 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Sterilansatz, Ammonium, Phosphat, Nitrat

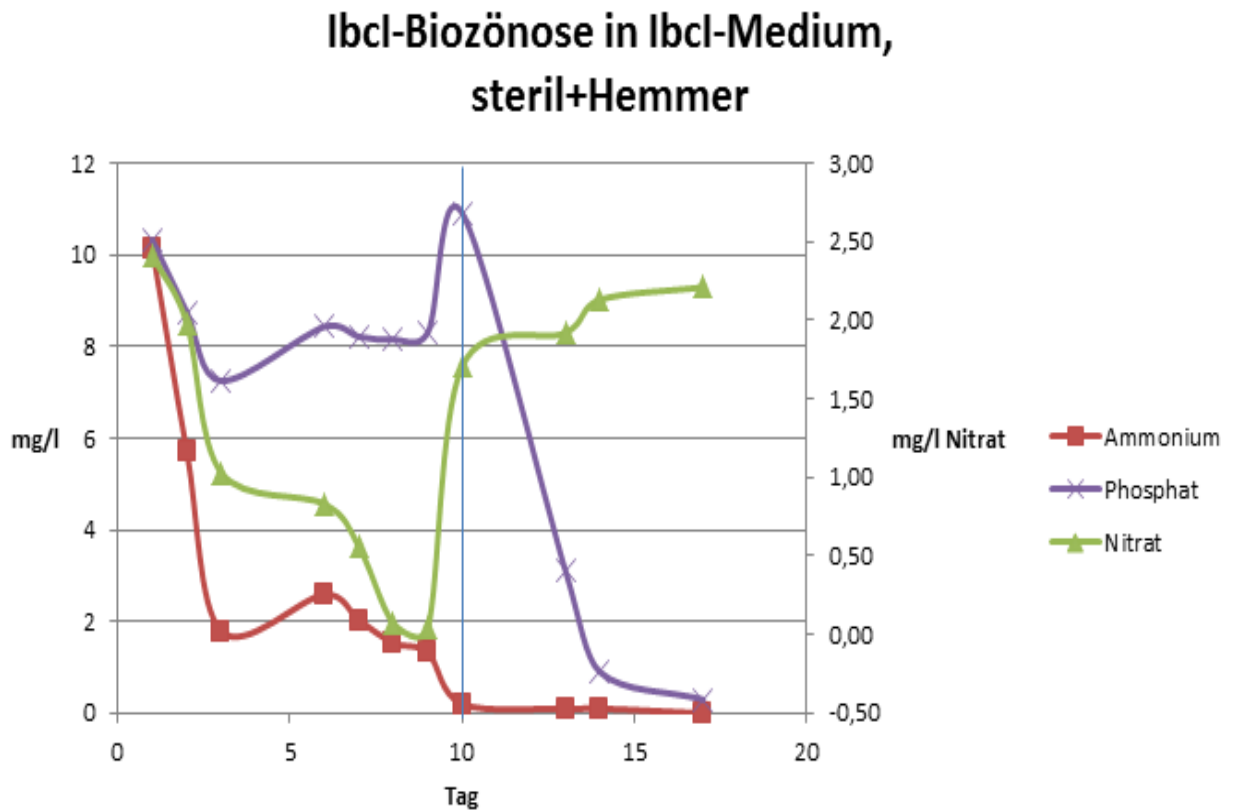


Abbildung 78 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

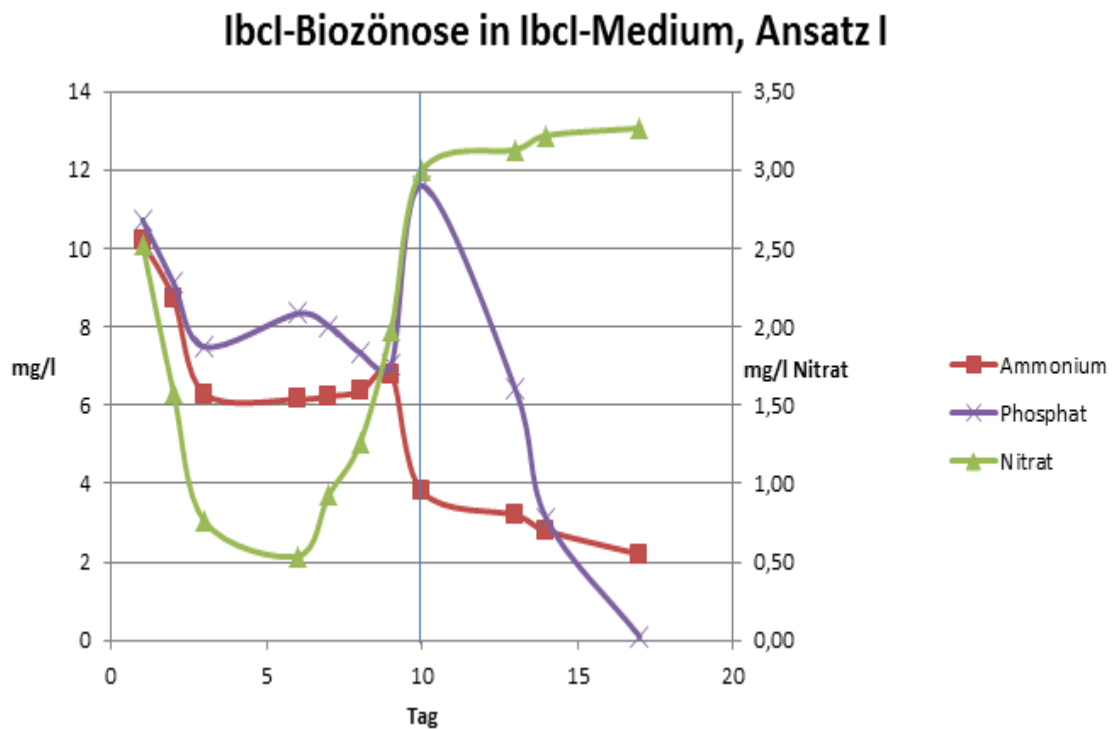


Abbildung 79 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz I, Ammonium, Phosphat, Nitrat

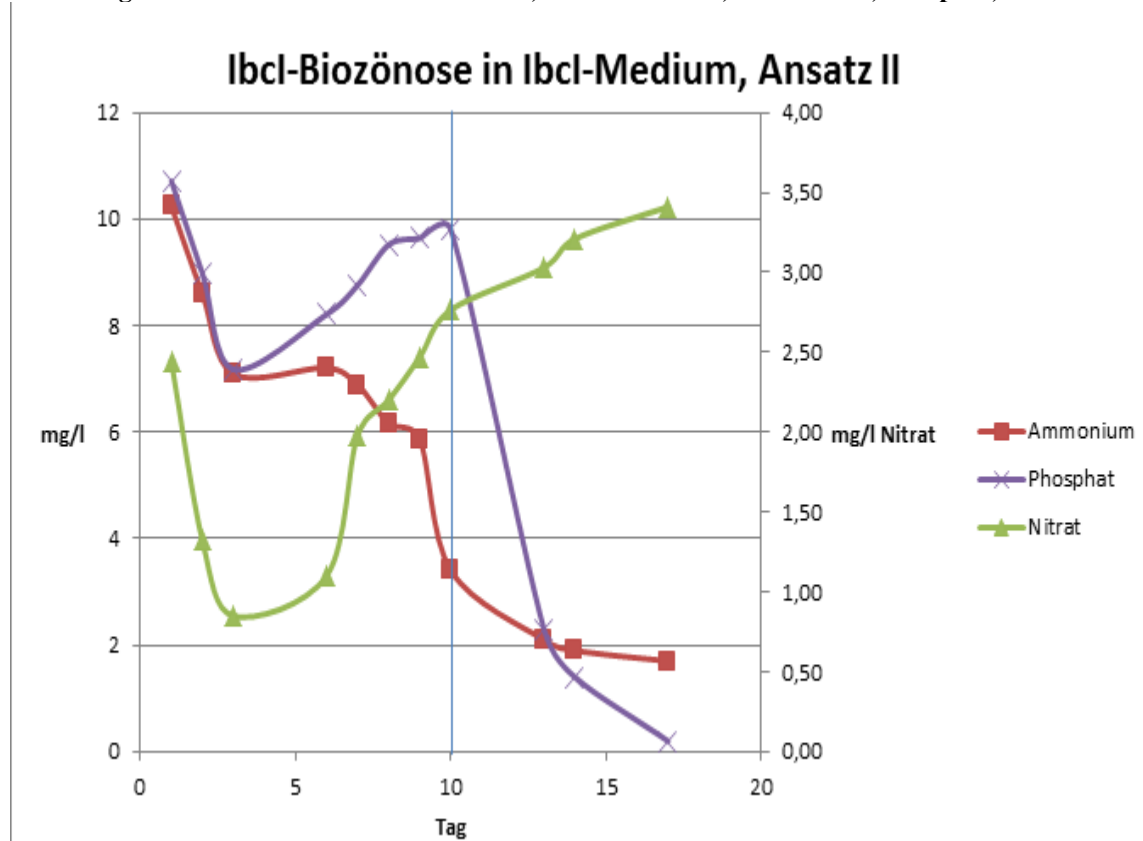


Abbildung 80 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz II, Ammonium, Phosphat, Nitrat

Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Ansatz I + Hemmer

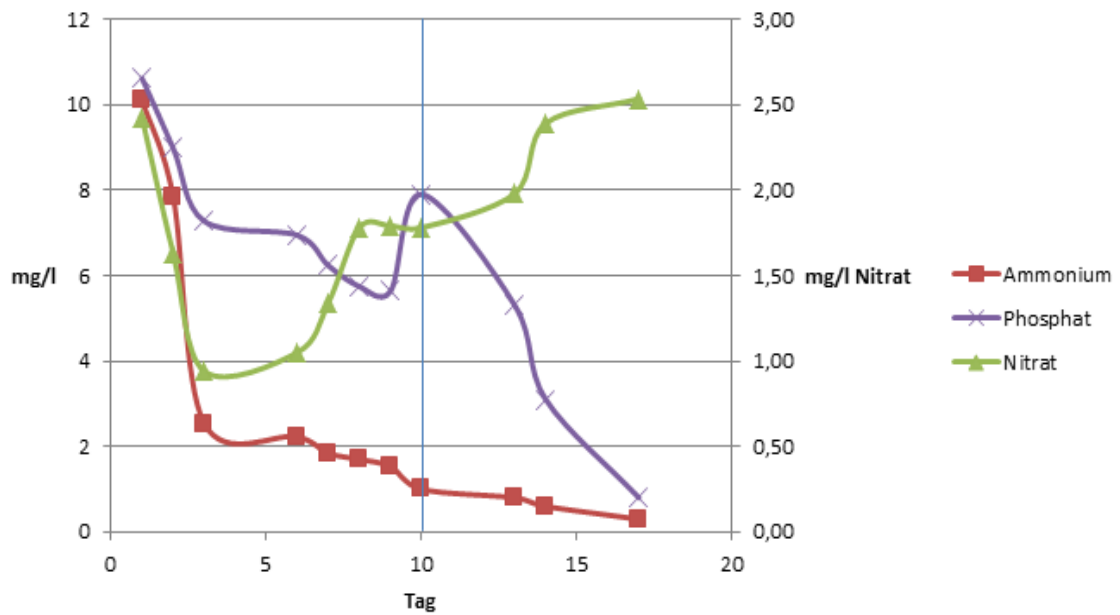


Abbildung 81 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Ansatz II + Hemmer

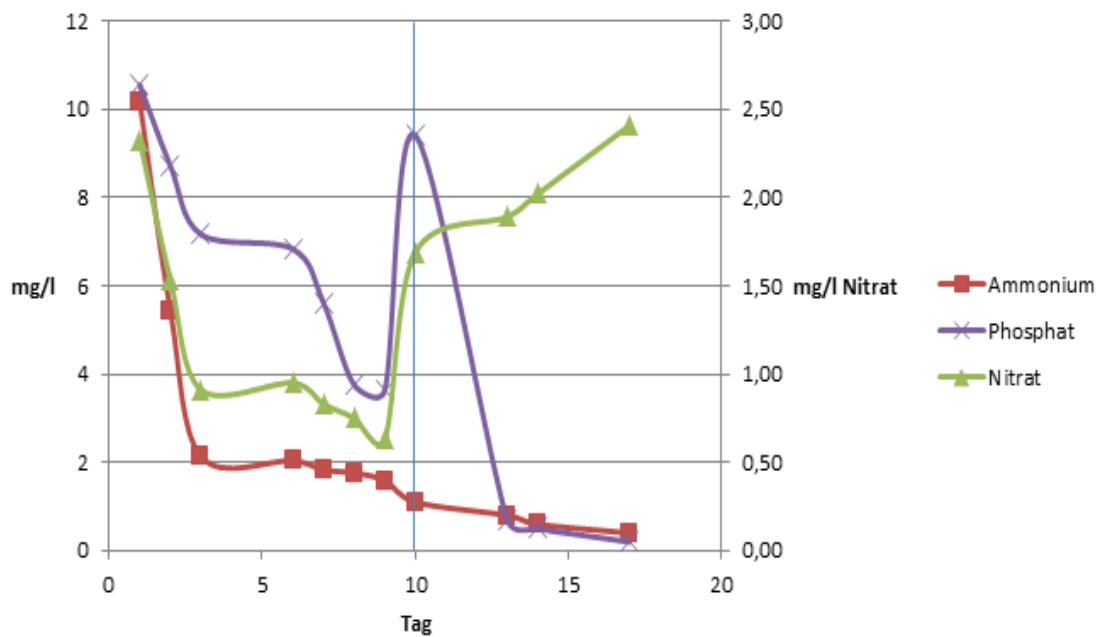


Abbildung 82 Ibcl-Biozönose in Ibcl-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

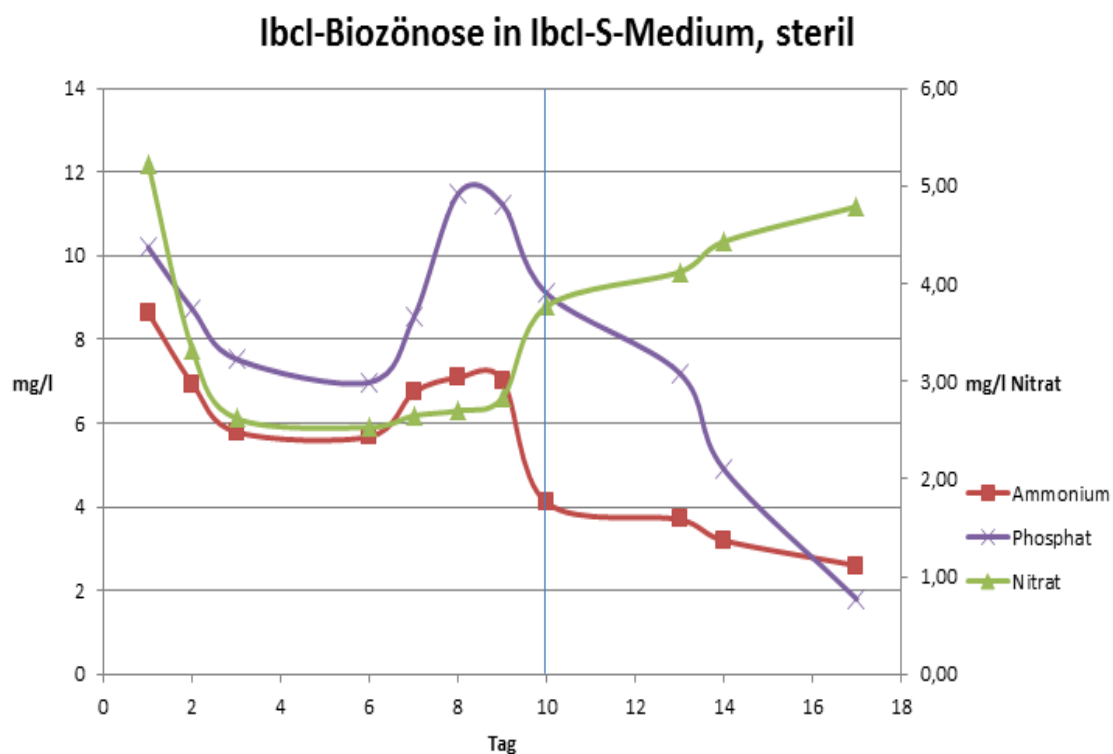


Abbildung 83 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Sterilansatz, Ammonium, Phosphat, Nitrat

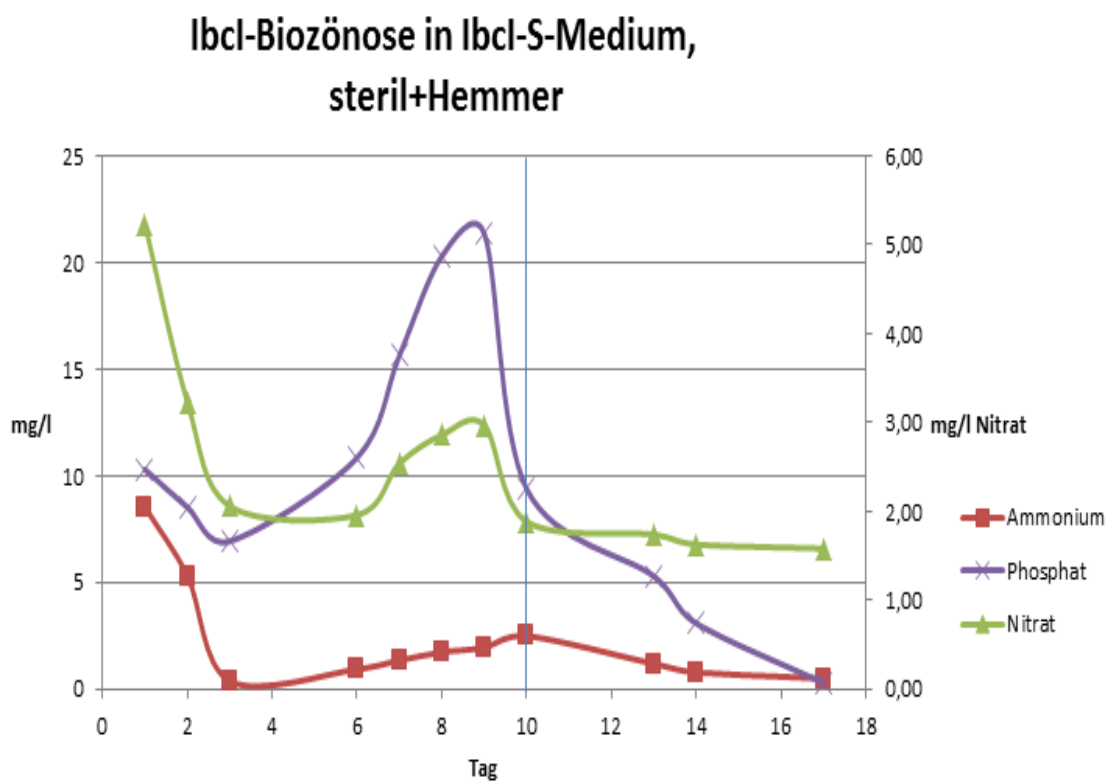


Abbildung 84 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

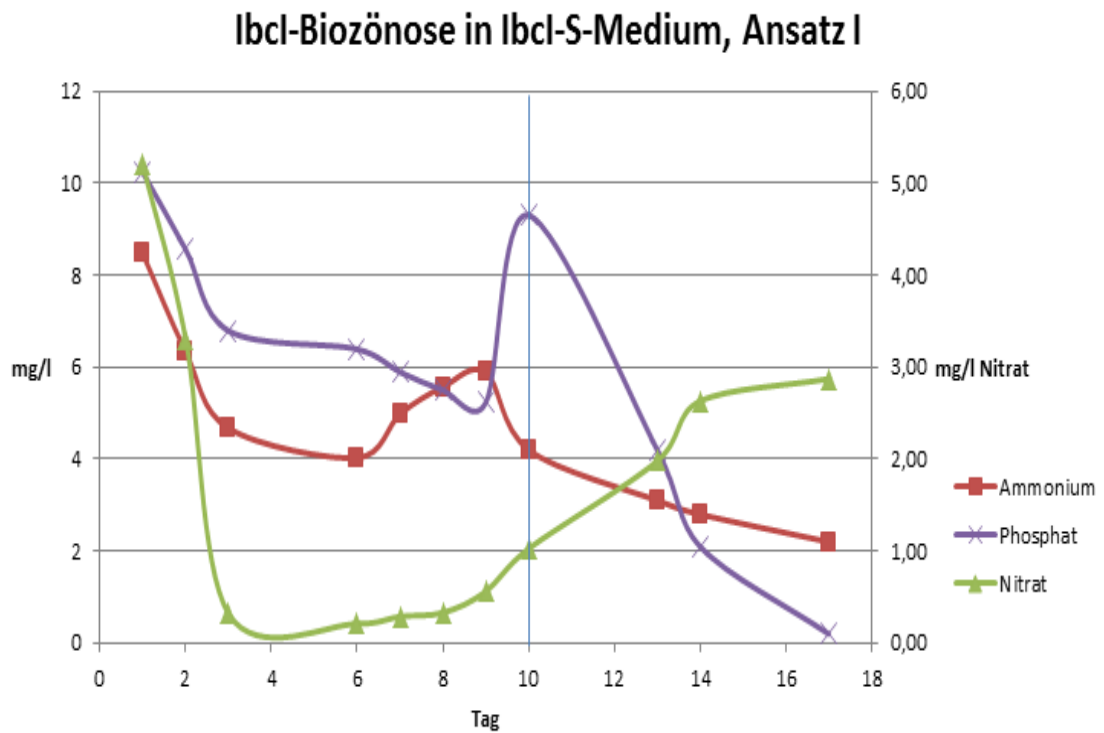


Abbildung 85 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz I, Ammonium, Phosphat, Nitrat

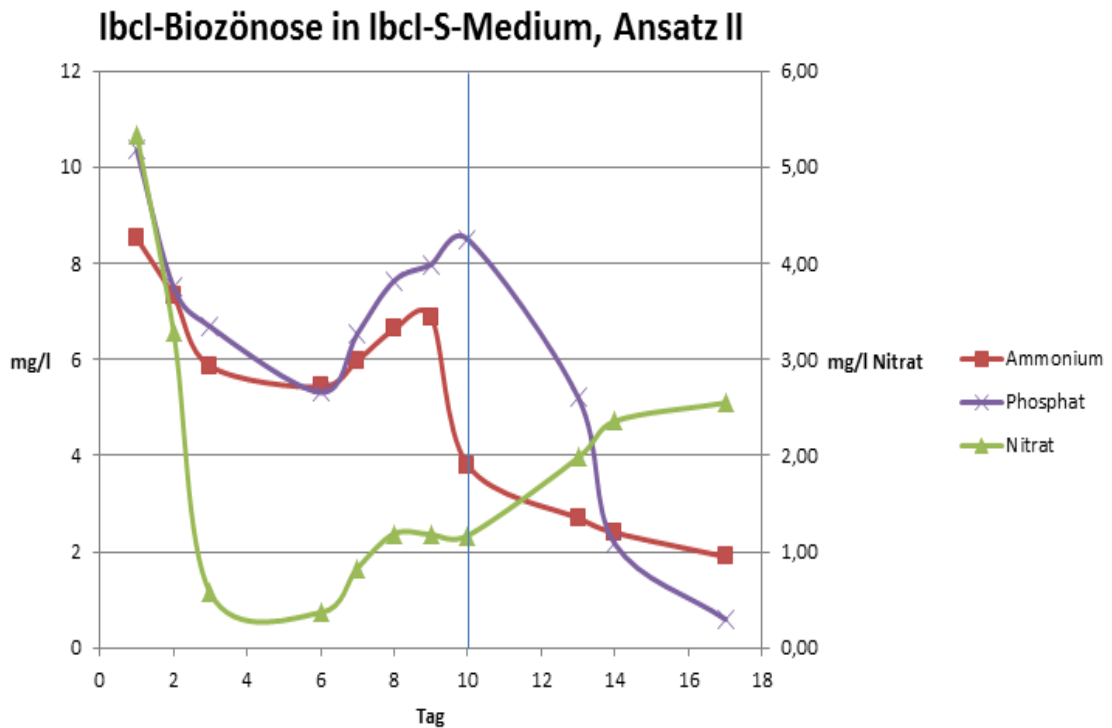


Abbildung 86 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz II, Ammonium, Phosphat, Nitrat

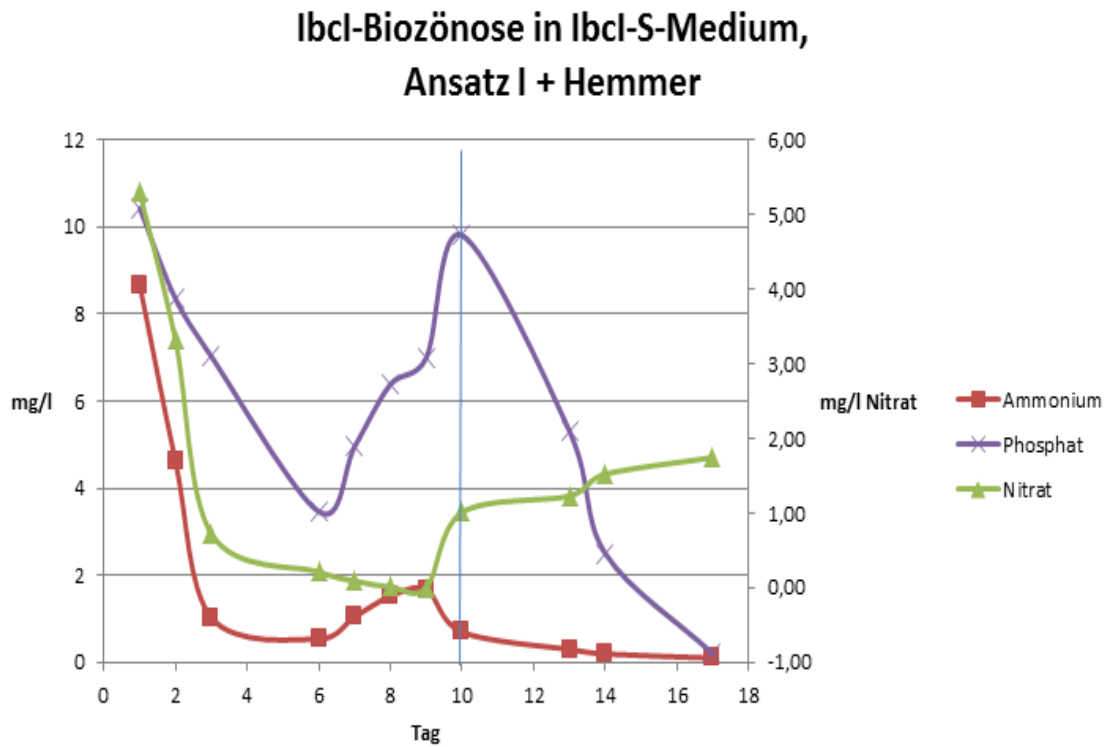


Abbildung 87 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

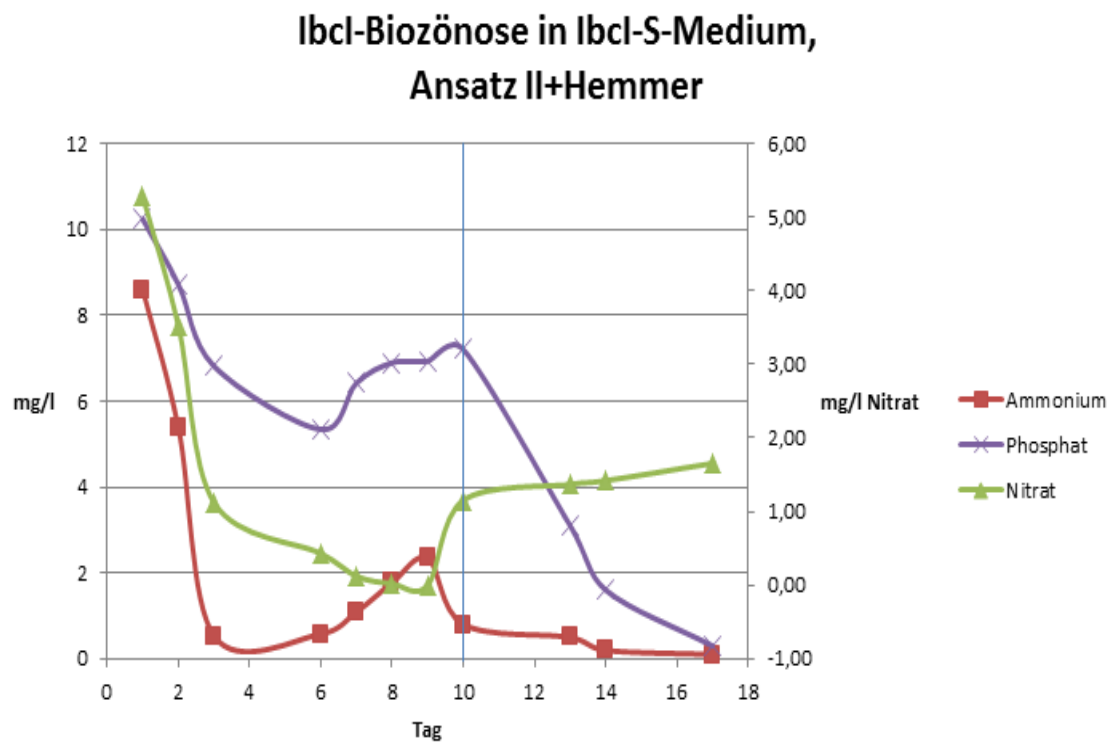


Abbildung 88 Ibcl-Biozönose in Ibcl-S-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

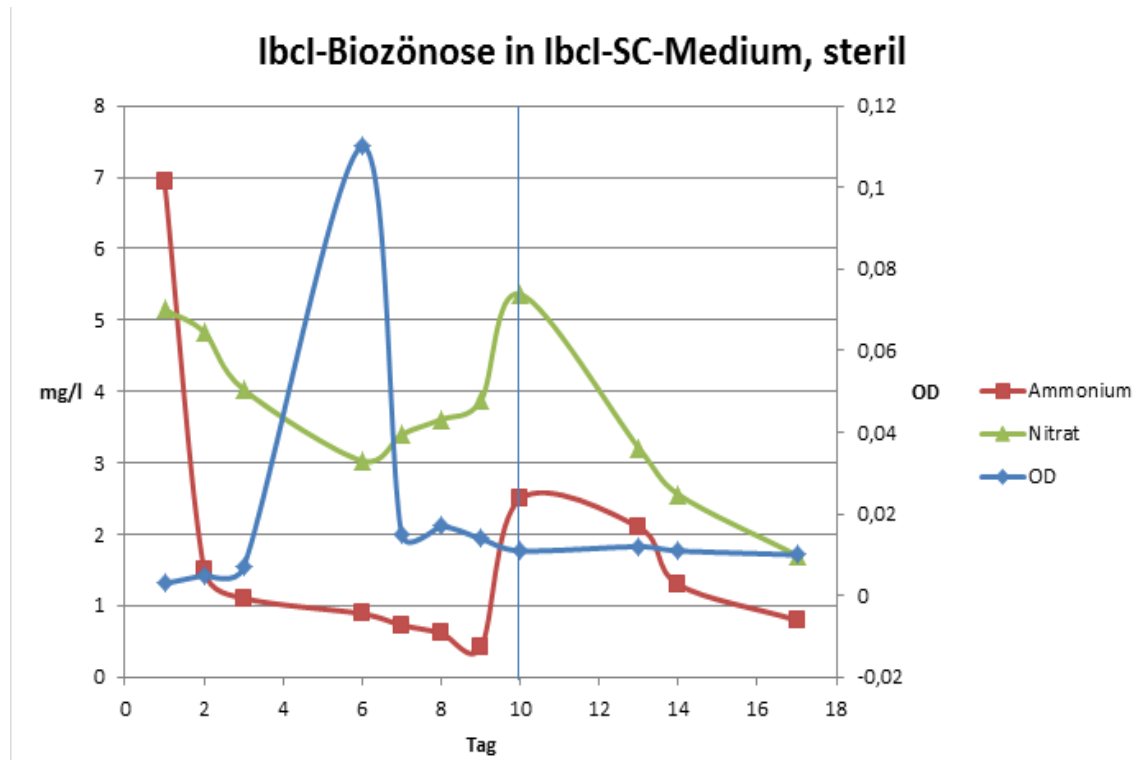


Abbildung 89 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Sterilansatz, Ammonium, Phosphat, Nitrat

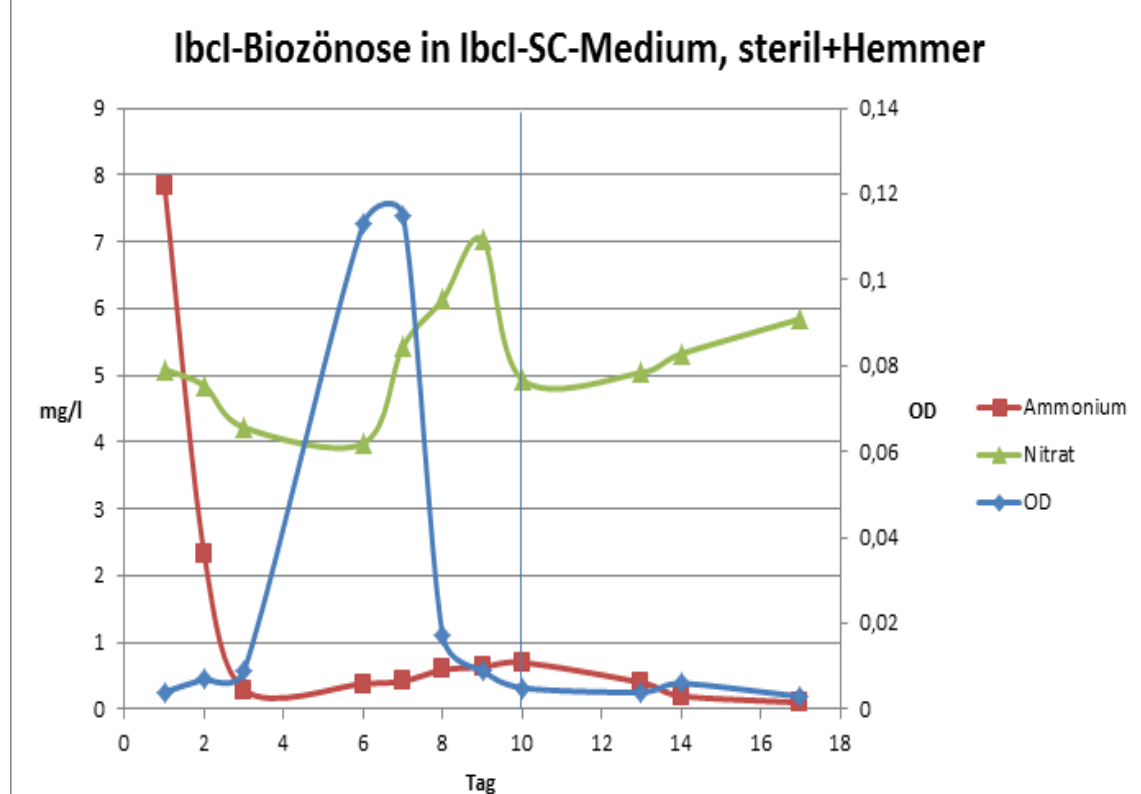


Abbildung 90 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

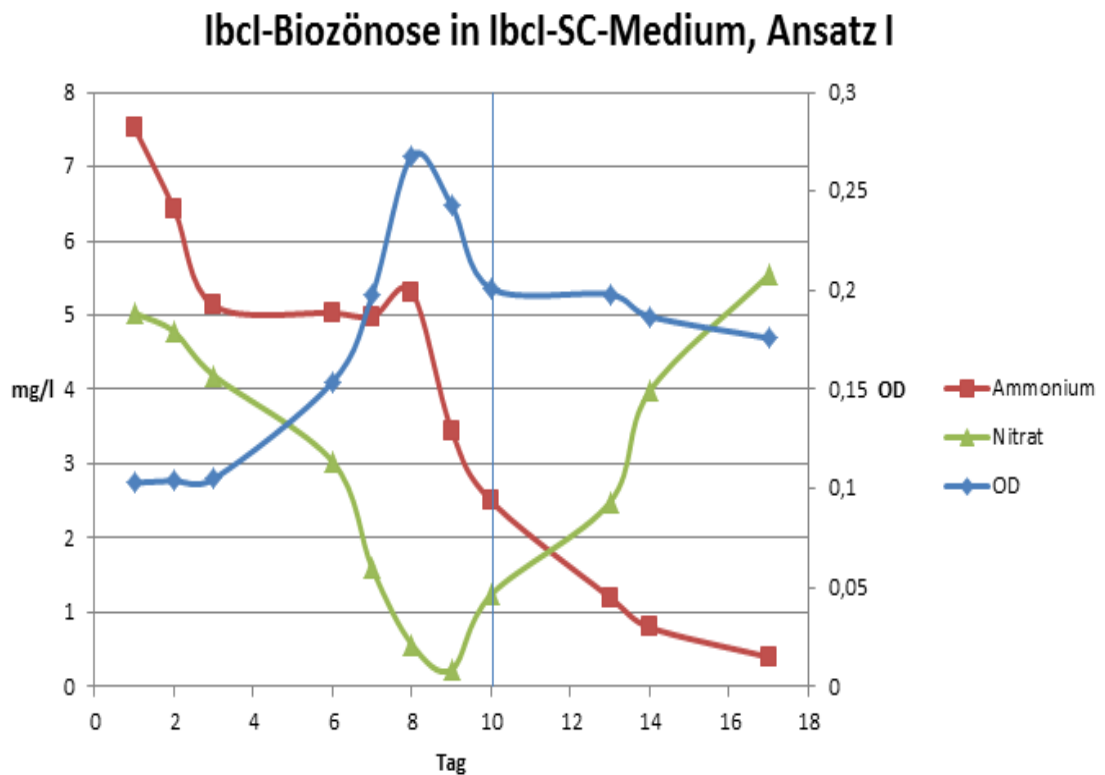


Abbildung 91 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz I, Ammonium, Phosphat, Nitrat

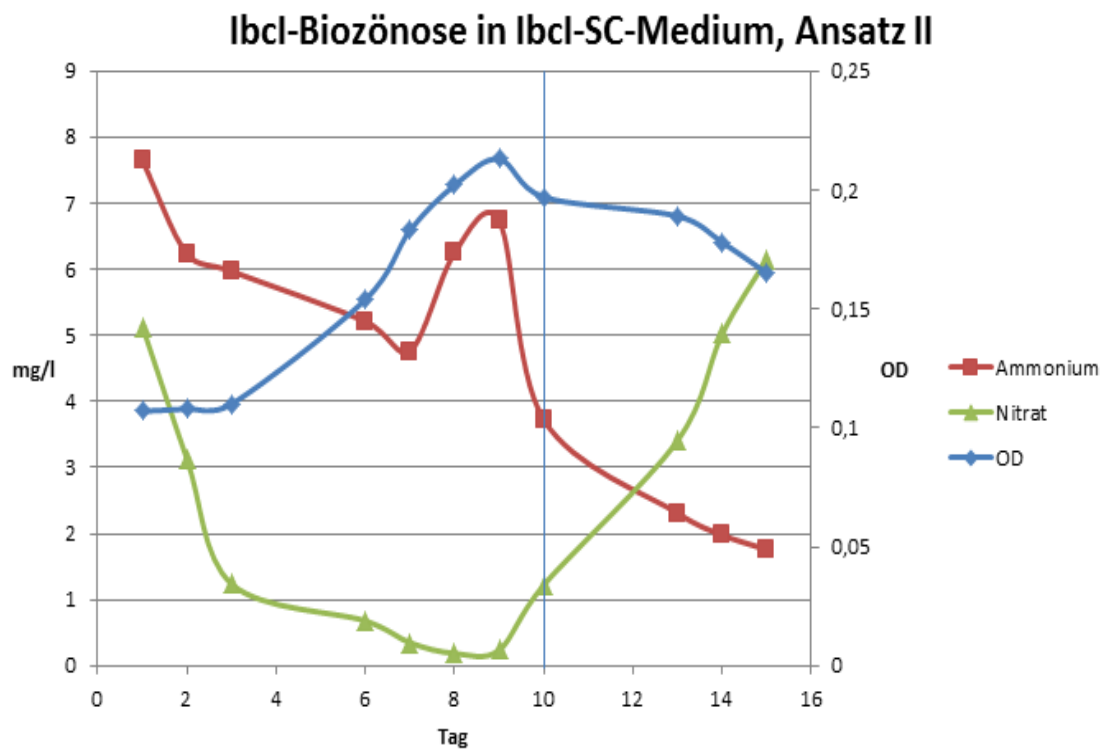


Abbildung 92 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz II, Ammonium, Phosphat, Nitrat

Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Ansatz I + Hemmer

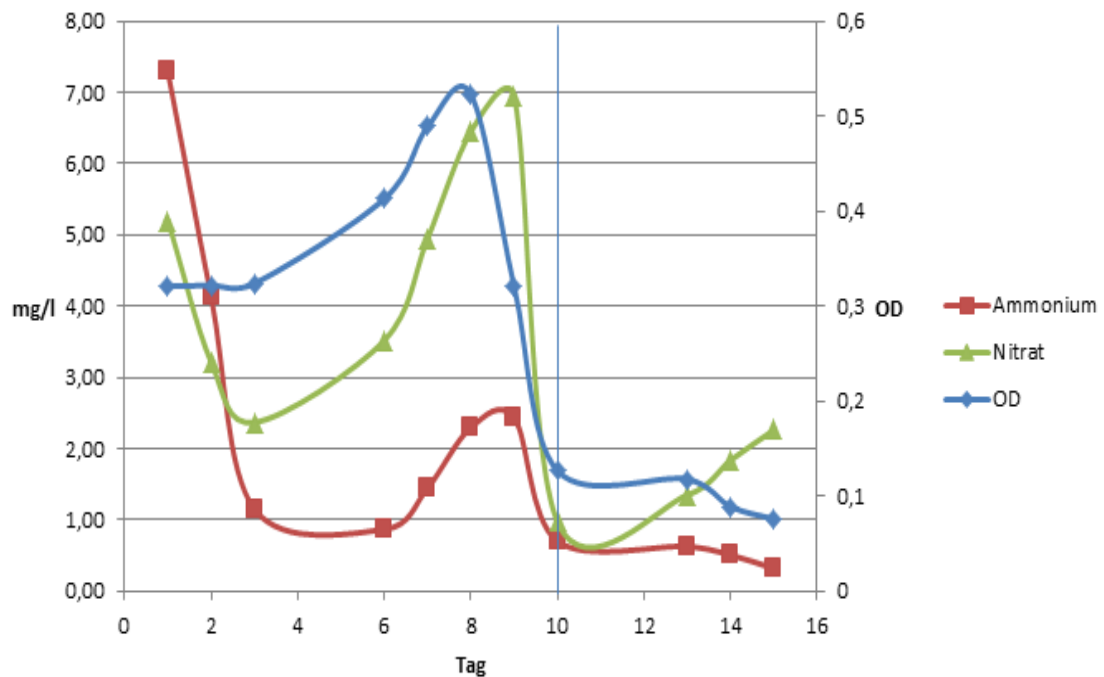


Abbildung 93 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Ansatz II + Hemmer

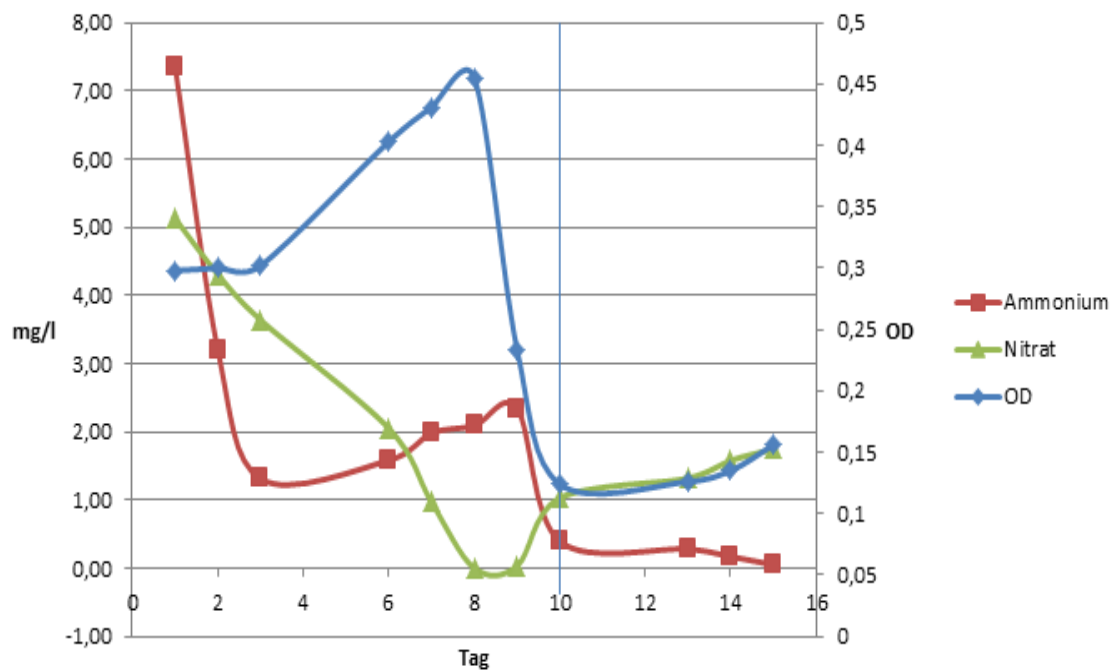


Abbildung 94 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Ammonium, Phosphat, Nitrat

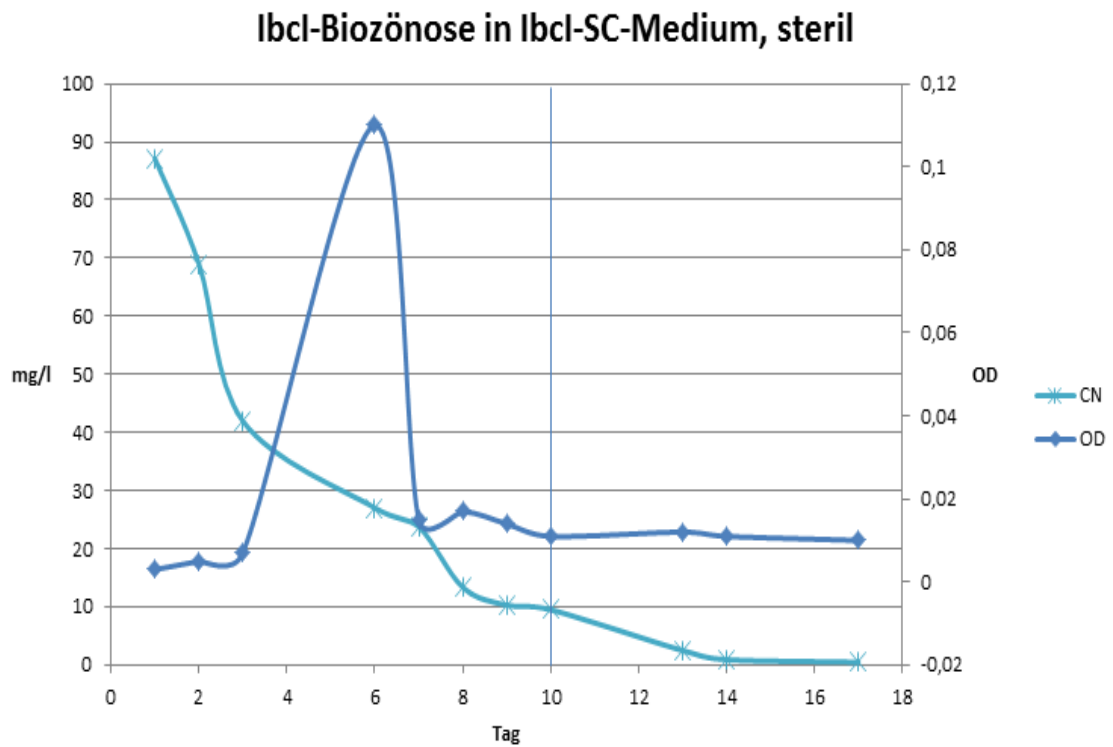


Abbildung 95 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Sterilansatz, Cyanid und optische Dichte

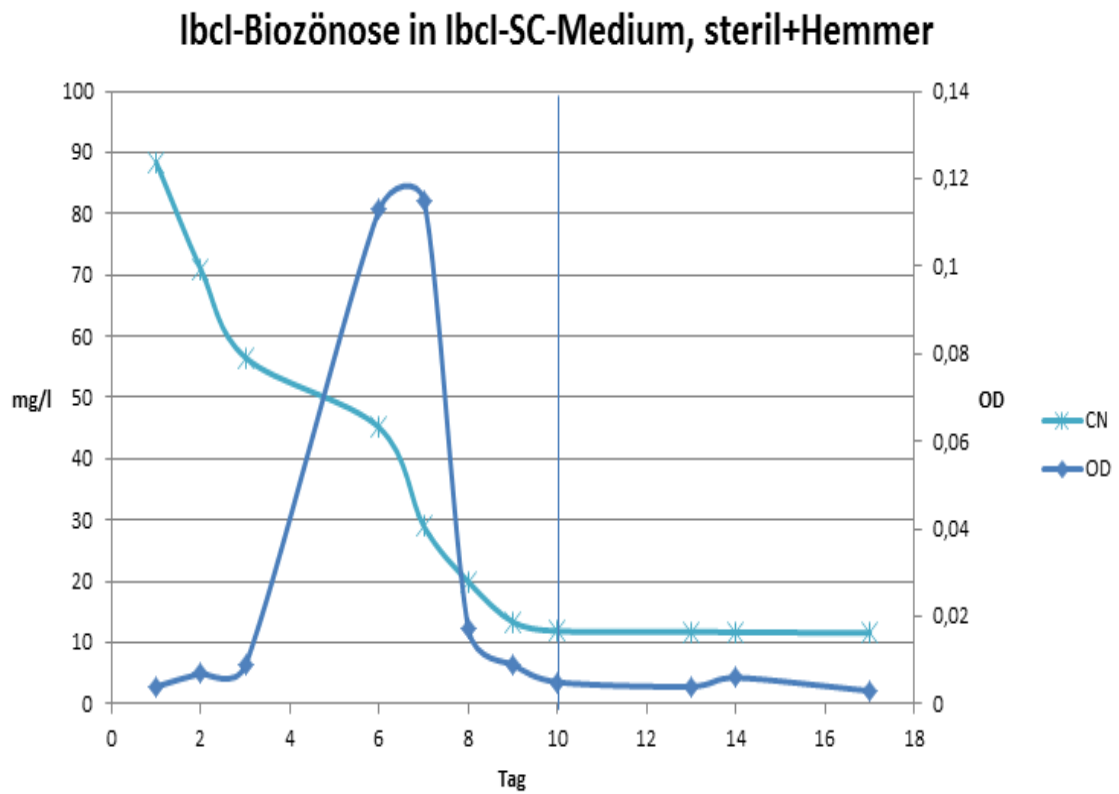


Abbildung 96 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Sterilansatz + Hemmer, Cyanid und optische Dichte

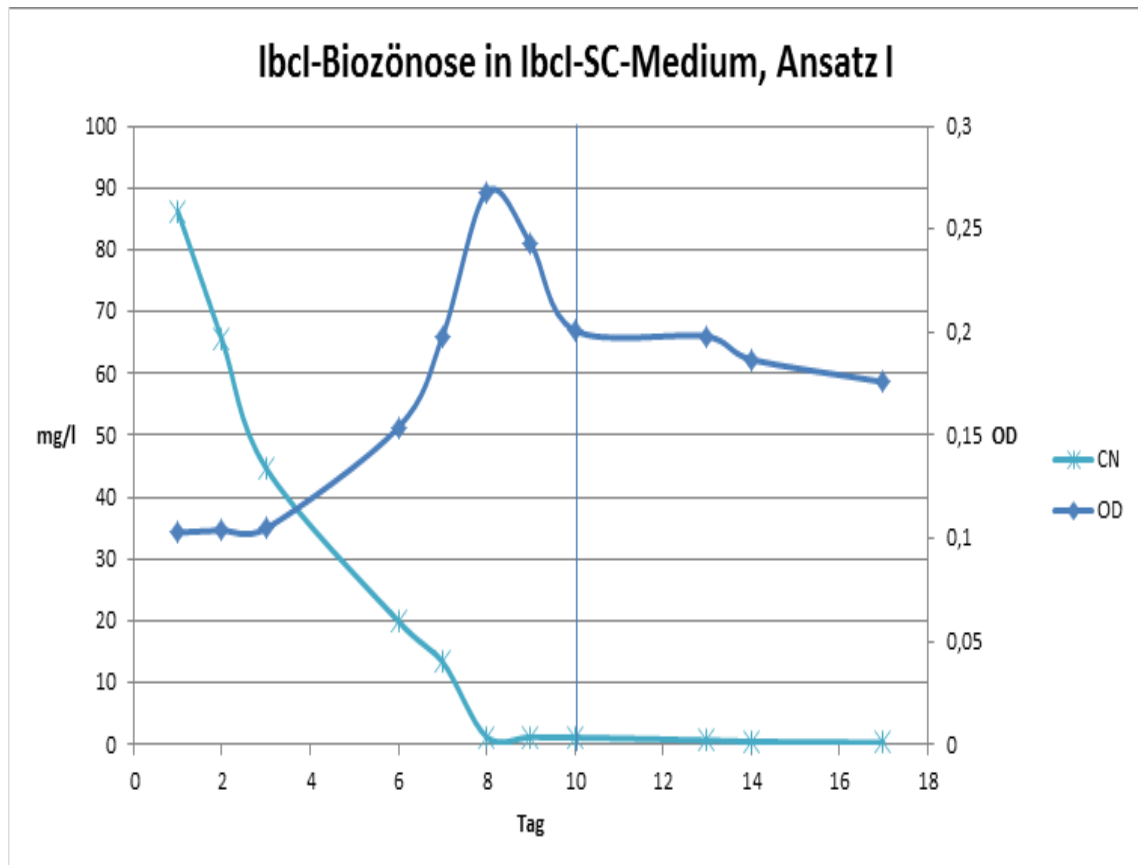


Abbildung 97 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz I, Cyanid und optische Dichte

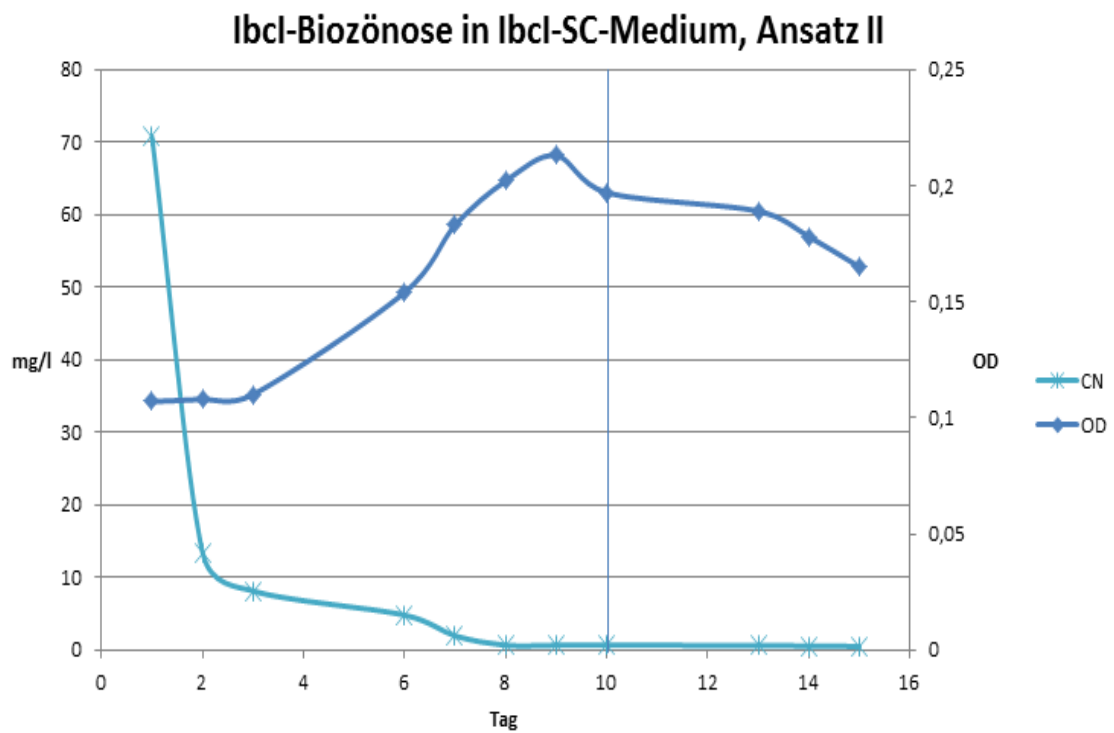


Abbildung 98 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz II, Cyanid und optische Dichte

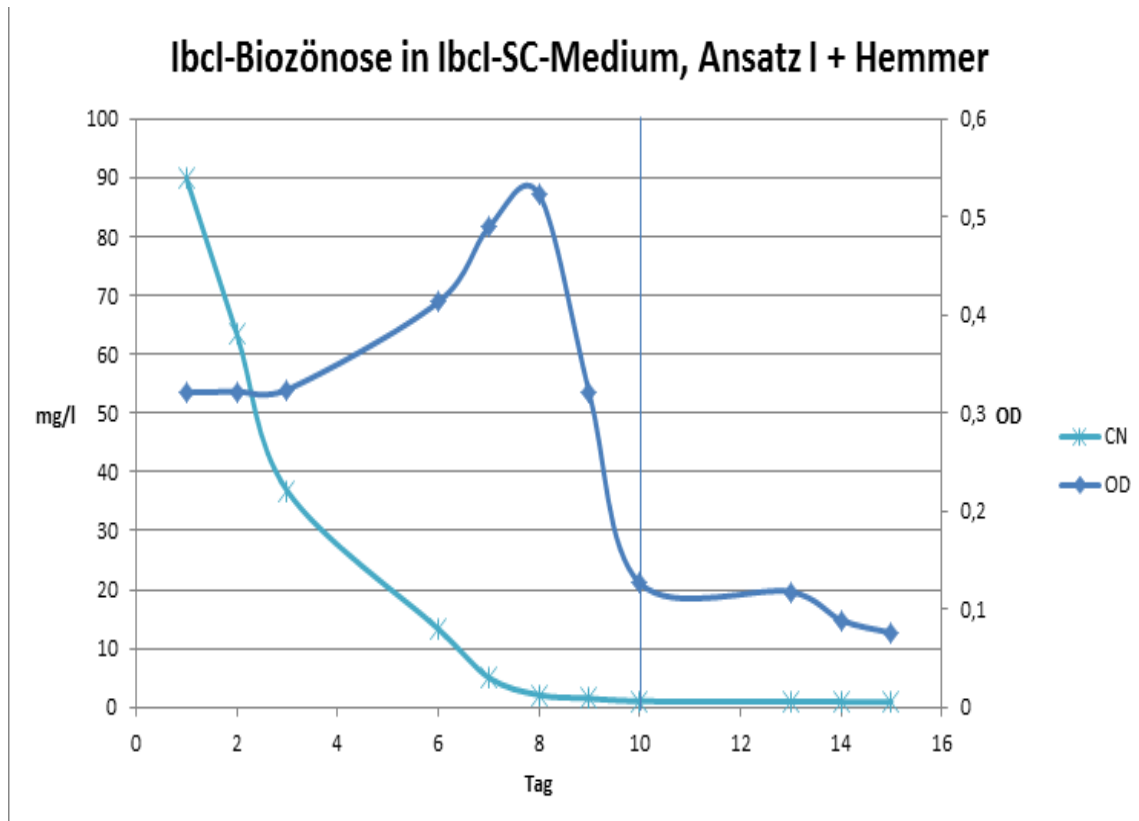


Abbildung 99 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz I + Hemmer, Cyanid und optische Dichte

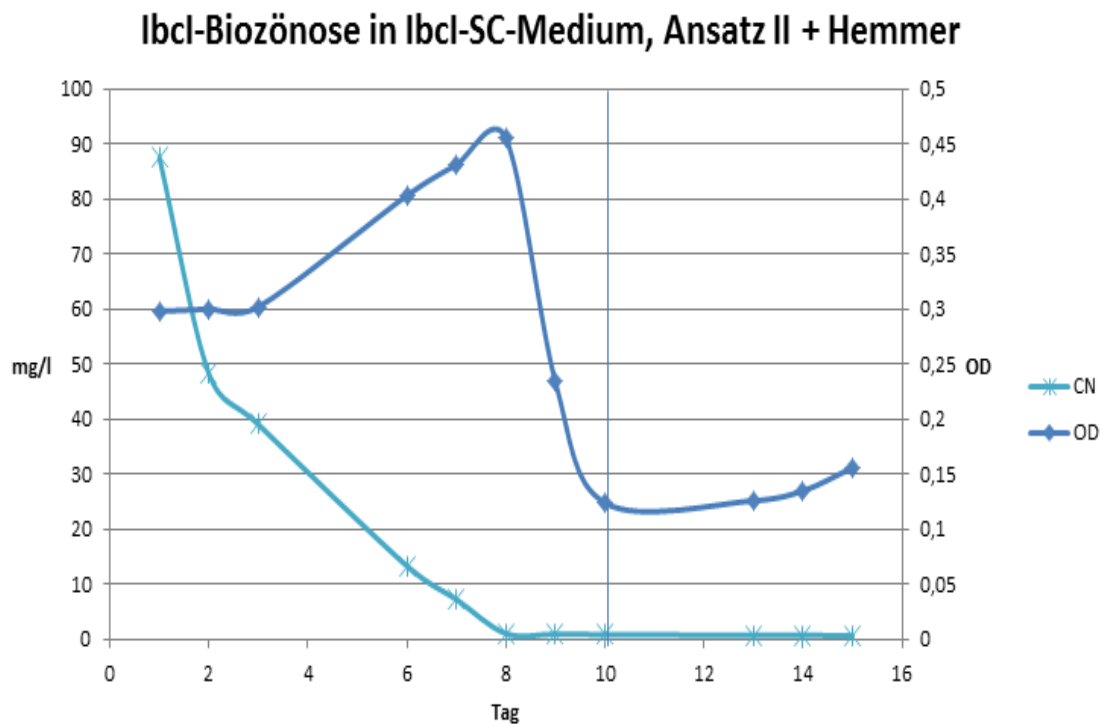


Abbildung 100 Ibcl-Biozönose in Ibcl-SC-Medium, Parallelansatz II + Hemmer, Cyanid und optische Dichte

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 04.11.2013

Sandra Wilfert